

17  
24.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPÚS ARAGÓN**

**SISTEMA DE SIMULACION PARA LAS CONDICIONES DE  
PRODUCCION DE UN YACIMIENTO PETROLERO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :**

**INGENIERO EN COMPUTACION**

**P R E S E N T A N :**

**IVETTE FLORES DURAN  
ARGELIA RAMIREZ LOPEZ**

**ASESOR :**

**ING. ERNESTO PEÑALOZA ROMERO**

**MÉXICO**

**1997.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

IVETTE FLORES DURÁN  
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 20 de marzo del año en curso, presentada por Argella Ramírez López y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. ERNESTO PEÑALOZA ROMERO pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado, "SISTEMA DE SIMULACIÓN PARA LAS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN DE UN YACIMIENTO PETROLERO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 3 de abril de 1997.  
EL DIRECTOR

*(Firma manuscrita)*  
M en T CLAUDIÓ C. MERRIFIELD CASTRO

*(Firma manuscrita)*  
c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería en Computación.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/IIa.

*AGRADECIMIENTOS:*

*A Dios y a la Vida por darme la  
oportunidad de disfrutar este momento.*

*A mis padres por heredarme  
la herramienta para formar mi camino.*

*Al Ing. César del Cid por su  
tiempo y dedicación para la  
culminación del trabajo.*

*Al Ing. Ernesto Peñaloza  
por revisar y apoyar mi  
trabajo de tesis.*

*A mis Hermanos y Amigos que  
sin sus Palabras de Aliento hubiera  
sido más arduo el camino.*

*Al Instituto Mexicano del Petróleo  
que apoyo el desarrollo de este trabajo.*

*Noviembre'97*

## CONTENIDO

<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	I
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	III
<b>LISTA DE GRAFICAS</b> .....	V
<b>RESUMEN</b> .....	VI
<b>INTRODUCCION</b> .....	VII
<b>CAPITULO 1. CONCEPTOS BASICOS SOBRE SIMULACION DE YACIMIENTOS</b> .....	2
1.1. Conceptos Básicos.....	2
1.2. Simulación Numérica.....	6
1.3. Simulador MEYVO.....	9
<b>CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS</b> .....	14
2.1. Metodologías de Desarrollo de Sistemas.....	15
2.1.1. Ciclo de Vida Clásico o Modelo en Cascada.....	16
2.1.2. Generación de Prototipos.....	18
2.1.3. El Modelo en Espiral.....	19
2.2. Afinidades entre Metodologías.....	21
2.3. ¿Por qué usar una metodología?.....	22
2.4. El Desarrollo de un Sistema Técnico.....	24
2.4.1. Caso Específico de Desarrollo de Sistemas Técnicos.....	27
2.4.2. Propuesta de Desarrollo del Caso en Estudio.....	29
2.4.2.1. Análisis de Factibilidad.....	29
2.4.2.2. Análisis del Sistema.....	31

2.4.2.6 Mantenimiento .....	38
<b>CAPITULO 3. FASES DE DESARROLLO DEL CASO EN ESTUDIO .....</b>	<b>41</b>
3.1 Análisis de Factibilidad .....	41
3.2 Análisis del Sistema .....	42
3.2.1 Diagrama de Flujo de Datos .....	43
3.2.2 Diagrama Entidad - Relación .....	52
3.2.3 Componentes alternos del sistema .....	53
3.3 Diseño .....	53
3.3.1 Diseño de la estructura de datos .....	56
3.3.2 Estructura de archivo binario .....	57
3.3.3 Diseño de la base de datos .....	58
3.3.4 Diseño de Interfaz de Usuario .....	61
3.3.4 Algoritmos Principales del Sistema MEYVO .....	85
3.4 Construcción .....	89
3.4.1. Plan de actividades .....	90
3.4.2 Características y Recomendaciones para el desarrollo del sistema .....	96
3.4 Pruebas y Validación .....	107
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>119</b>
<b>NOMENCLATURA .....</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>121</b>
<b>APENDICE A .....</b>	<b>146</b>
<b>APENDICE B .....</b>	<b>147</b>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla</i>	<i>Página</i>
3.1 Descripción de Procesos del Diagrama General .....	45
3.2 Descripción de Procesos Nivel 2 (Generar Pozo Modelo) .....	48
3.3 Descripción de Procesos Nivel 2 (Suavizar Datos) .....	46
3.4 Descripción de Procesos Nivel 2 (Identificar Mecanismos de Empuje) .....	46
3.5 Descripción de Procesos Nivel 2 (Ajustar Historial) .....	47
3.6 Descripción de Procesos Nivel 2 (Predecir) .....	47
3.7 Descripción de Entidades .....	48
3.8 Descripción de Flujo de Datos General .....	48
3.9 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Generar Pozo Modelo) .....	49
3.10 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Suavizar Datos) .....	50
3.11 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Identificar Mecanismos de Empuje) .....	50
3.12 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Ajustar Historial) .....	50
3.13 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Predecir) .....	50
3.14 Diccionario de Datos .....	51
3.15 Herramientas de Apoyo .....	54
3.16 Estructura de la tabla de Yacimiento .....	58
3.17 Estructura de la tabla de Políticas .....	59
3.18 Estructura de la tabla de HistProdYaci .....	59
3.19 Estructura de la tabla de DatosPozo .....	59
3.20 Estructura de la tabla de HistProdPozo .....	60
3.21 Estructura de la tabla de PozoModelo .....	60
3.22 Estructura de la tabla de Prediccion .....	60
3.23 Estructura de la tabla de Suavizamiento .....	60
3.24 Estructura de la tabla de Ajuste .....	61
3.25 Estructura de la tabla de MecEmpuje .....	61
3.26 Controles del Diálogo de Datos .....	64
3.27 Eventos del Dialogo de Datos .....	66
3.28 Controles del Dialogo de Produccion por Pozo .....	66
3.29 Eventos del Diálogo de Producción por Pozo .....	68
3.30 Controles del Diálogo de Producción por Yacimiento .....	72
3.31 Eventos del Diálogo de Producción por Yacimiento .....	73
3.32 Controles del Diálogo de Suavizamiento .....	75
3.33 Eventos del Diálogo de Suavizamiento .....	77

3.34	Controles del Diálogo de Mecanismos de Empuje .....	78
3.35	Eventos del Diálogo de Mecanismos de Empuje .....	79
3.36	Controles del Diálogo de Ajuste .....	83
3.37	Eventos del Diálogo de Ajuste .....	84
3.38	Controles del Diálogo de la Predicción .....	84
3.39	Eventos del Diálogo de Predicción .....	85
3.40	Plan de Actividades.....	90
3.41	Estructuras de datos.....	99
3.42	Relación de archivos .ss.....	104
3.43	Archivos del sistema .....	105
3.44	Datos Técnicos del yacimiento.....	110
3.45	Datos de Historia de Producción (Tamabra) .....	111
3.46	Comparación de los datos reales contra la predicción.....	113
3.47	Comparación de los datos reales contra la predicción.....	115
3.48	Comparación de los datos reales contra la predicción.....	117

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Página</i>
1.1 Conformación de un pozo.....	4
2.1 El ciclo de vida clásico.....	17
2.2 Generación de prototipos.....	18
2.3 El modelo en espiral.....	20
2.4 a) Sistema de Información.....	25
2.4 b) Sistema Técnico.....	25
2.5 Notación de diagramas de flujo.....	31
2.6 Componentes del diagrama entidad - relación.....	32
2.7 Procesos para el entendimiento de la operacion.....	33
3.1 Diagrama de Flujo General (Nivel 1).....	43
3.2 Diagrama de Nivel 2. Generar Pozo Modelo.....	44
3.3 Diagrama de Nivel 2. Suavizar Datos.....	44
3.4 Diagrama de Nivel 2. Identificar Mecanismos de Empuje.....	44
3.5 Diagrama de Nivel 2. Ajustar Historial.....	45
3.6 Diagrama de Nivel 2. Predecir historial.....	45
3.7 Diagrama Entidad - Relación.....	52
3.8 Estructura del Archivo Binario.....	57
3.9 Diseño de la Ventana Principal.....	63
3.10 Diseño del Dialogo de Datos.....	65
3.11 Diseño del Diálogo de Produccion por Pozo.....	68
3.12 Diseño del Diálogo de Produccion por Yacimiento.....	73
3.13 Diseño del Diálogo de Suavizamiento.....	76
3.14 Diseño del Diálogo de Mecanismos de Empuje.....	79
3.15 Diseño del Diálogo de Ajuste.....	83
3.16 Diseño del Diálogo de la Predicción.....	84
3.17 Gráfica de gasto.....	93
3.18 Matriz de ecuaciones generado.....	95
3.19 Estructura del Archivo Binario.....	102
B.1 Pantalla Principal de MEYVO 1.0.....	121
B.2 Pestañas de Opción del Dialogo DATOS DEL YACIMIENTO.....	126
B.3 Opción de captura para la información general del yacimiento.....	127
B.4 Opción de captura para los Datos Característicos.....	128

<b>B.5</b>	<b>Opción de captura para los Datos PVT .....</b>	<b>129</b>
<b>B.6</b>	<b>Opción de captura para los Datos Estructurales .....</b>	<b>130</b>
<b>B.7</b>	<b>Opción de captura para las Políticas de Explotación .....</b>	<b>131</b>
<b>B.8</b>	<b>Diálogo de Captura para el Historial de Producción a nivel de pozo .....</b>	<b>133</b>
<b>B.9</b>	<b>Diálogo de Captura para el Historial de Producción a nivel de yacimiento .....</b>	<b>133</b>
<b>B.10</b>	<b>Diálogo de Suavizamiento del Historial de Producción .....</b>	<b>137</b>
<b>B.11</b>	<b>Diálogo de Mecanismos de Empuje .....</b>	<b>139</b>
<b>B.12</b>	<b>Diálogo de Ajuste .....</b>	<b>143</b>
<b>B.13</b>	<b>Diálogo de Predicción .....</b>	<b>144</b>

## LISTA DE GRAFICAS

<i>Gráfica</i>	<i>Página</i>
3.1 Historial de Producción (Tamabra) .....	111
3.2 Mecanismos de Emouje (1er. Esquema de Predicción) .....	112
3.3 Ajuste del Historial (1er. Esquema de Predicción) .....	112
3.4 Predicción (1er. Esquema de Predicción) .....	113
3.5 Mecanismos de Emouje (1er. Caso) .....	114
3.6 Ajuste del Historial (1er. Caso) .....	114
3.7 Predicción (1er. Caso).....	115
3.8 Mecanismos de Empuje (2do. Caso) .....	116
3.9 Ajuste del Historial (2do. Caso) .....	116
3.10 Prediccion (2do.. Caso) .....	117

## RESUMEN

Se presenta el desarrollo de un sistema computacional diseñado para ajustar y predecir el comportamiento de yacimientos inicialmente bajosaturados, utilizando una técnica empírica basada en el balance de materia de fluidos y la detección de mecanismos de empuje, mediante el cual, se podrán realizar estudios preliminares de yacimientos que conduzcan a dar respuestas a corto plazo sobre los parámetros de mayor interés técnico como lo son: la producción extraída y la energía propia del yacimiento, a partir de los cuales se justifique la toma de decisiones sobre las políticas de explotación más favorables para administrar los recursos del subsuelo. Este sistema visto como herramienta de trabajo deberá ser un auxiliar de gran apoyo en las áreas operativas y de diseño responsables de la administración de los yacimientos de la subsidiaria Pemex Exploración-Producción.

El producto elaborado se preparo para ser utilizado en equipos PC para configuraciones básicas con procesador 486 o superiores, bajo el ambiente Windows 3.1 o mayor en la modalidad de aplicación de 16 bits. La codificación del sistema se generó mediante el lenguaje de programación Borland C/C++ ver. 4.5, utilizando librerías de apoyo para el acceso a bases de datos, de controles para gráficos y para el desplegado de información. Además, se desarrollo en lenguaje script los procesos para construir el sistema de ayuda y de instalación.

## INTRODUCCION

El estudio y análisis de la información de un yacimiento ha sido un proceso sistemático en Petróleos Mexicanos desde hace aproximadamente 20 años. Las técnicas y procedimientos han evolucionado constantemente en virtud del creciente desarrollo de la tecnología en la computación. Este hecho ha permitido que los grandes simuladores que sirven como herramienta de cálculo para predecir las condiciones de flujo en el sistema roca - fluido de un yacimiento se hayan podido adaptar a la creciente utilidad de los equipos de cómputo (PC). Bajo esta tendencia también se ha evolucionado en aplicar metodologías de cálculo conducentes a facilitar, y sobre todo, a mejorar las predicciones de los modelos al obtener resultados del comportamiento de un fenómeno de flujo como lo que ocurre en un yacimiento. Una de estas aportaciones en el campo de la ingeniería, para simplificar el estudio de los yacimientos, se ha forjado en las mismas dependencias de Petróleos Mexicanos. Tal es el caso de un procedimiento de cálculo que permite bajo diferentes condiciones correlacionar el historial de producción de un yacimiento con el fin de extrapolar su uso para predecir las condiciones de explotación del mismo a condiciones futuras. Este procedimiento se ha denominado MEYVO<sup>1</sup> (Mecanismos de Empuje y Volumen Original de hidrocarburos) que actualmente se está usando en las dos regiones más importantes de explotación en México: en la región Marina y en la región Sur de Petróleos Mexicanos

La aplicación y utilidad de este procedimiento como un simulador de carácter práctico ha sido justificado y ha permitido estudiar con bastante propiedad algunos de los yacimientos particularmente de la región Marina (EK-BALAM, MALOOB, KU-MALOOB, etc.). Sin embargo, su uso ha sido concentrado a usuarios que están relacionados directamente con el autor intelectual del producto. Ante esta situación, algunos usuarios manifestaron la necesidad de mejorar la versión de MEYVO a una que pudiera ser de uso generalizado.

El manejo del simulador MEYVO actualmente en operación tanto en PC's (Ms-Dos) como en estaciones de trabajo (UNIX) está siendo utilizado de una manera muy rudimentaria al aplicar tres procesos secuenciales para la interpretación de los resultados y de su operación:

---

<sup>1</sup> Meza M.M. "Evaluación Práctica de los Mecanismos de Empuje y Volumen Original de Hidrocarburos"  
Revista Ingeniería Petrolera

1. **Preproceso:** En este rubro se realizan las actividades conducentes para preparar los datos requeridos por el simulador:
  - a) Determinar un pozo modelo a partir de "n" pozos, ya que el simulador parte de la hipótesis de que se cuenta con un sólo pozo en el centro del yacimiento.
  - b) Procedimientos de ajuste para algunas variables de interés.
  - c) Ajuste del historial de producción en forma manual.
2. **Proceso:** Utilizar el simulador con la información básica definida a través de un archivo texto ejecutándolo tantas veces como fuera necesario al intercambiar los datos de ese archivo.
3. **Postproceso:** Son todas las actividades conducentes a representar los resultados emanados por el simulador en forma gráfica y tabular mediante otros medios de software (Harvard graphics, Word, Excel, Graphics/UNIX, entre otros):
  - a) La representación gráfica y tabular de la predicción de la explotación del yacimiento.
  - b) Representación gráfica y tabular del comportamiento de producción a nivel de pozo.

De lo anteriormente expuesto se deduce que el simulador MEYVO existente puede conducir a retrasos en el análisis y en la interpretación de sus resultados por la forma y mecánica en la que se aplica. El objetivo del sistema a desarrollar es erradicar la problemática planteada en la versión existente del simulador, generando un producto de software que explote el procedimiento de cálculo implementado en la versión MEYVO antes expuesta, dándole énfasis especial al diseño para analizar la información que se requiere, así como, integrar todos los elementos necesarios para el ajuste de la producción y agilizar los procesos de cálculo para predecir el comportamiento del yacimiento. El sistema a desarrollar contará con las siguientes características principales:

- Integrar una base de datos (monousuario).
- Implementar el proceso de ajuste de producción de una manera interactiva.
- Utilizar información a nivel de pozo.
- Integrar diferentes procedimientos numéricos para suavizar el historial de producción a nivel de yacimiento.

- Definir en un diálogo interactivo gráfico la predicción del comportamiento de presión del yacimiento.
- Integrar un sistema de ayuda en línea.
- Formatear reportes de resultados expofesos para Petróleos Mexicanos.

El desarrollo propuesto en el presente trabajo permitirá implementar en las áreas operativas de Petróleos Mexicanos una alternativa viable con características prácticas para contar con información relativa al comportamiento de un yacimiento en un corto plazo; a diferencia de los grandes estudios llevados a cabo actualmente en las áreas de simulación, que utilizan herramientas de simulación numéricas complejas, costosas y que requieren de una gran cantidad de información y sobre todo, que dan respuesta a mediano y largo plazo, debido al tiempo que se consume en: la preparación de la información, en realizar el ajuste de la historia de producción y en la interpretación de los resultados de la predicción. Los resultados que se emanan de estos simuladores son más detallados y más específicos por la magnitud de la información que procesan, a diferencia de los resultados que se generan en el presente trabajo que son de carácter macrotecnico. Es decir, aquellos parámetros de interés práctico como lo son el manejo de presiones y producciones que son de mayor peso en la toma de decisiones técnico - económicas. El resultado del sistema propuesto podrá utilizarse como una herramienta preliminar para dar respuestas inmediatas del comportamiento de un yacimiento, para que después se aplique la simulación numérica completa y se logren respuestas detalladas a mediano plazo.

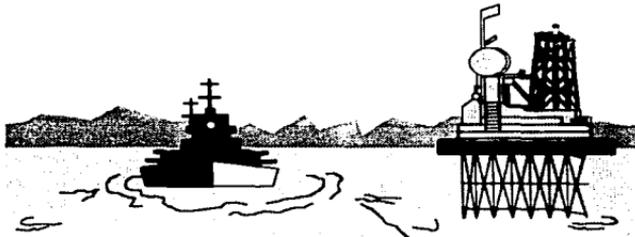
El contenido del trabajo describe detalladamente la forma en que se logró desarrollar el sistema computacional para resolver el problema de simular desde un punto de vista práctico el comportamiento de producción de un yacimiento. Para lograr esto se ha conformado el trabajo en 3 capítulos, constituidos para definir los elementos fundamentales del desarrollo. El primer capítulo describe formalmente los conceptos básicos utilizados en la simulación de yacimientos, haciendo énfasis especial en el simulador que en el presente trabajo se implementa. En el segundo capítulo se detallan las herramientas de software utilizadas para la construcción del sistema así como los conceptos implícitos en el desarrollo de un sistema de computo. Y en el tercer capítulo se describen todos los elementos constitutivos del sistema y las etapas en las que se logró su desarrollo.

# **CAPITULO 1**

---

---

## **CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SIMULACIÓN DE YACIMIENTOS**



## **CAPITULO 1. CONCEPTOS BASICOS SOBRE SIMULACION DE YACIMIENTOS.**

En el presente capítulo se definen algunos de los conceptos teóricos de Ingeniería Petrolera utilizados con mayor frecuencia en la simulación de yacimientos, mediante los cuales se pretende introducir al entorno de la ingeniería aplicada en el desarrollo de un simulador.

Con el fin de comprender los elementos básicos de la simulación y emprender el desarrollo de un sistema que permita evaluar las condiciones de producción de un yacimiento, se iniciará definiendo el concepto básico de lo que es un yacimiento, para posteriormente, describir los elementos que intervienen en el proceso de explotación del mismo; así como, una breve explicación de lo que a simulación se refiere.

### **1.1. Conceptos Básicos.**

#### *Definición de yacimiento de hidrocarburos.*

Se entiende por yacimiento la porción de una trampa geológica constituida de un cuerpo rocoso impregnado de hidrocarburos (aceite y/o gas) la cual se comporta como un sistema intercomunicado hidráulicamente.

La clasificación de los yacimientos está basada en diversos factores:

- De acuerdo al tipo de roca almacenadora.
- De acuerdo con el tipo de trampa.
- De acuerdo con el tipo de fluidos almacenados.
- De acuerdo con la presión original.
- De acuerdo con el tipo de empuje predominante.
- De acuerdo con los diagramas de fase.

El simulador MEYVO se basa en las clasificaciones de la presión original y de los mecanismos de empuje, las cuales se definen a continuación.

***Yacimientos de acuerdo con la presión original.***

***Yacimientos de aceite bajosaturado:*** su presión original es mayor que la presión de saturación, por lo tanto, todo el gas presente se encuentra disuelto en el aceite.

***Yacimientos de aceite saturado:*** su presión original es igual o menor a la presión de saturación. El gas presente puede estar libre en todo el yacimiento (disperso) o acumulado en forma de casquete (segregado).

***Yacimientos de acuerdo con el tipo de empuje predominante.***

Los mecanismos de empuje se refieren a la manera en que se logra la producción de aceite que se manifiesta dentro de los yacimientos. A continuación se definen los diferentes mecanismos de empuje que existen:

***Por la expansión de los fluidos y la roca:*** Es el proceso físico que se experimenta en la descompresión del material elástico con el que está constituido la roca, así como de los fluidos contenidos en ella, mediante el cual se experimenta la presencia de una energía que hace expulsar los hidrocarburos hasta la superficie.

***Por expansión de gas:*** Es el proceso físico que se presenta debido al alto grado de descompresión del gas, lo que produce una fuerza o energía capaz de empujar a los fluidos a la superficie.

***Por segregación gravitacional:*** Fenómeno físico que se presenta al tratar de equilibrarse las fuerzas gravitacionales con las fuerzas de viscosidad (resistencia que presenta un fluido para desplazarse) de los fluidos.

***Por empuje hidráulico:*** Se define como la energía o fuerza que ejerce el agua en el aceite y el gas para que fluya hacia el pozo. La energía del empuje se debe principalmente a la presencia del agua por medio de lo que se conoce como acuífero.

**Por empujes combinados:** Se presenta cuando operan tanto las fuerzas de empuje del gas como las del agua para producir el flujo de hidrocarburos a la superficie.

**Por empujes artificiales:** Se utiliza cuando la energía propia del yacimiento es insuficiente para la producción de hidrocarburos y es necesario utilizar mecanismos artificiales tales como bombeo neumático y bombeo mecánico.

**Campo.**

Conjunto de pozos ubicados en una zona terrestre delimitada, a través de los cuales se explota uno o más yacimientos.

**Pozo.**

Agujero u orificio que va desde la superficie hasta el yacimiento petrolero, a través del cual se extraen los hidrocarburos. En la figura 1.1 se muestra en forma esquemática la conformación de un pozo.

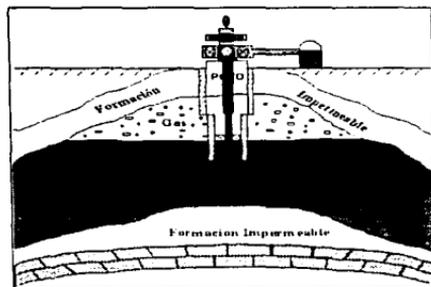


Figura 1.1 Conformación de un pozo

### **Reserva de hidrocarburos.**

Se llama así al volumen de hidrocarburos medidos en condiciones estándar, que se puede producir económicamente con cualquiera de los métodos y sistemas de explotación aplicables (Recuperación Primaria, Recuperación Secundaria, etc.).

Existen diversos criterios para clasificar las reservas de hidrocarburos, de los cuales los más importantes son:

- a) Según la cantidad y el grado de exactitud de los datos.
- b) De acuerdo con el tipo de fluidos.

### **Recuperación Primaria.**

Métodos y técnicas utilizadas con el fin de explotar con la energía propia del yacimiento los hidrocarburos presentes en él.

### **Recuperación Secundaria.**

Aplicación adicional de técnicas artificiales a la energía propia del yacimiento para el mejoramiento de la explotación de hidrocarburos.

### **Volumen Original.**

Cantidad de volumen de hidrocarburos (aceite y gas) contenidos en el yacimiento, medidos a la presión estática inicial del mismo. Es una estimación inicial de las reservas potenciales del yacimiento, bajo las cuales se dictaminan las políticas de explotación. Se considera el volumen de los hidrocarburos como "original" debido a que no se han extraído fluidos del yacimiento.

### **Porosidad.**

Los espacios entre las partículas de una roca se denominan poros. Los espacios pueden ser ocupados por fluidos como agua, aceite o gas; tal y como se observa en una esponja la cual puede contener líquidos o permanecer vacía sin variar su volumen total.

El volumen de poros entre el volumen total de la roca nos da una medida porcentual de la porosidad.

***Saturación de un fluido.***

Es la relación existente entre el volumen de un fluido contenido en una roca y el volumen de poros de la misma roca.

El volumen total de fluidos contenidos en una roca es igual al volumen de poros de la misma, y puede estar formado por fluidos diferentes (aceite, agua y gas).

***Presión estática.***

Es la magnitud de presión que manifiesta un yacimiento en condiciones de no flujo en cualquier posición y condición espacial del yacimiento.

***Permeabilidad absoluta.***

Es la propiedad que tiene la roca de permitir el movimiento de fluidos a través de ella.

***Propiedades PVT de los fluidos.***

Son un conjunto de propiedades físico - químicas medidas en laboratorio para estimar las propiedades de presión, volumen y temperatura a las que se ven sometidos los hidrocarburos. Estas propiedades pueden ser: relación de solubilidad, factor de volumen, viscosidad y densidad de cada uno de los fluidos.

## **1.2. Simulación Numérica.**

La explotación racional de los yacimientos petroleros ha sido y sigue siendo uno de los problemas fundamentales que se plantean en la industria petrolera.

La tecnología moderna ha proporcionado con los modelos matemáticos una de las herramientas más valiosas con las que se cuenta para reproducir lo mejor posible, los procesos físicos presentes en el yacimiento, permitiendo predecir su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación.

La simulación de yacimientos se refiere a la construcción y operación de un modelo que asuma la apariencia del comportamiento de un yacimiento real. El modelo puede ser matemático o físico.

La aplicación de la simulación de yacimientos trae consigo:

1. Determinar la operación de un campo de aceite debido al proceso de inyección de agua o gas o al proceso de producción natural.
2. Determinar el efecto de espaciamiento y localización de los pozos en el yacimiento.
3. La estimación del efecto de los gastos de operación en la recuperación total de hidrocarburos.
4. Poder estimar la producción a nivel de pozo bajo las condiciones específicas de localización de los mismos.
5. Estimar y predecir la recuperación de hidrocarburos en condiciones futuras a nivel de pozo y a nivel de yacimiento.

Los modelos matemáticos utilizados en el proceso de simulación de yacimientos son un conjunto de ecuaciones sujetas a diferentes suposiciones (hipótesis) que permiten describir los procesos físicos del yacimiento. Estas ecuaciones se traducen en un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales que expresan en forma conjugada las leyes básicas de la física, que son: la conservación de la materia y la conservación de la energía; aunado a estas ecuaciones se integran también modelos que detallan algunos procesos o fenómenos físicos como los presentes en un yacimiento como son: el manejo de los procesos activos de producción, tales como la ecuación de Darcy (flujo de fluidos), la ecuación de Fourier (conducción del calor), ecuaciones de Fick (fenómenos de transporte de difusión), entre otros.

Las ecuaciones utilizadas para modelar los procesos físicos generalmente son no-lineales y requieren por lo tanto soluciones numéricas. La complejidad de las técnicas utilizadas para resolver estas ecuaciones requieren obligadamente de un programa de cómputo. Su proceso de cálculo implica integrar un sinnúmero de técnicas que permitan utilizar el uso eficiente de las ecuaciones y de la información para dar respuesta a la solución de las ecuaciones diferenciales. Es decir, se requiere optimizar los procesos en los programas debido a la gran cantidad de información requerida para representar el yacimiento, la desmedida forma de trabajar los

métodos numéricos, la gran cantidad de cálculos a procesar para realizar la predicción, y por último el dar respuesta a un sinnúmero de parámetros de interés en la Ingeniería de Yacimientos.

En la actualidad existe una diversidad de métodos y técnicas utilizados para ser aplicados en un programa de cómputo para la simulación de yacimientos. La complejidad de estas técnicas y la diversidad hace que su uso se particularice a diferentes situaciones de cálculo. Por ejemplo, el yacimiento se podrá discretizar desde varios puntos de vista para poderlo simular. Uno de estos puntos es el uso de técnicas de elementos finitos y por otro lado técnicas en diferencias finitas. Particularmente estas formas de discretización básicamente se utilizan para plantear la solución al conjunto de ecuaciones diferenciales que se manejan en el simulador. Por lo tanto, los métodos numéricos requeridos para resolver estas ecuaciones mediante estas técnicas son diferentes. Para ejemplificar el uso de simuladores y utilizar las técnicas de diferencias finitas mencionaremos algunos de los métodos implementados para resolver las ecuaciones:

- Esquemas implícitos en tiempo y espacio.
- Esquemas de dirección alternante en espacio.
- Esquemas implícitos en tiempo con esquemas explícitos en espacio.
- Esquemas explícitos en el tiempo y dirección alternante en espacio.

En los puntos anteriores se muestran los criterios bajo los cuales se aplican las técnicas matemáticas para resolver ecuaciones diferenciales no importando cuál sea la técnica, lo importante es la forma de aplicarla, que en esencia es el manejo de los esquemas implícitos y explícitos, y que obedece su aplicación a la forma y complejidad en que vayan a simular a los yacimientos.

Existen diversos tipos de simuladores numéricos de yacimientos, diferenciándose entre sí por los fenómenos que toman en cuenta, el tipo de malla que consideran, el esquema de solución utilizado en su desarrollo y la técnica que emplean para resolver los sistemas de ecuaciones generadas.

La particularidad del porcentaje de los simuladores que actualmente se trabajan en la industria petrolera difieren prácticamente en dos situaciones: el equipo (hardware) en el que se

implementa el simulador y el tipo de yacimiento que se pretende simular. El marco de referencia de todos los simuladores es ajustar el historial de producción y realizar la predicción del comportamiento del yacimiento. El enfoque de cada uno en particular estriba en el medio por el cual se procesa la información del yacimiento, y por otro lado, en los procesos resultantes de las corridas efectuadas en el simulador. Un ejemplo clásico y de la actualidad es un simulador denominado ECLIPSE, desarrollado por la compañía Schlumberger y rentado a los usuarios de Pemex. Sin olvidar que en las mismas dependencias de Pemex se manejan varios simuladores desarrollados en el Instituto Mexicano del Petróleo y la Universidad Nacional Autónoma de México dentro de los cuales podemos mencionar CONIMP y TRIMTRIM. También existen simuladores de vanguardia que fueron desarrollados y utilizados desde el año de 1980 a la fecha por compañías del servicio de simulación a Pemex como la compañía SSC y la compañía Intergraph.

El uso extensivo de los simuladores mencionados obliga a tener que preparar un grupo interdisciplinario para estudiar y manejar la información concerniente al yacimiento y sobre todo capacitado en el uso de la herramienta del simulador. Además, como parte formal de los estudios del yacimiento, éstos grupos consumen periodos de tiempo a mediano plazo (de 6 meses a 2 años dependiendo de la magnitud del yacimiento) para poder llevar a cabo una simulación del yacimiento en estudio. Por lo tanto, implica un esfuerzo y una inversión de considerable magnitud.

### **1.3. Simulador M E Y V O.**

Con el uso constante de simuladores numéricos en la ingeniería de yacimientos, se observó que el comportamiento de la presión de un yacimiento muestra tendencias lineales respecto al tiempo al representar en forma implícita la producción acumulada vs la presión. Esto dió origen a estudios por diversos autores para analizar con más detenimiento el comportamiento de la presión del yacimiento. De tal forma, que se pudo representar con formulaciones de tipo algebraico (sencilias), la tendencia lineal que experimenta la declinación de la presión de un yacimiento. Uno de estos estudios generado en el seno de la simulación numérica aplicada en el área de ingeniería de Yacimientos de PEMEX, fué el postulado por Meza, en el que se manifiesta

la clara observación de las tendencias lineales de los diversos yacimientos que él estudió. Su resultado fué un proyecto denominado MEYVO. La definición del término MEYVO proviene de la contracción asociada al siguiente enunciado *Mecanismos de Empuje Y Volumen Original de hidrocarburos*, substraído del título de uno de sus artículos, a partir del cual se logró desarrollar un proceso de cálculo (incipientemente programado en lenguaje Fortran, para su uso en estaciones de trabajo con sistema operativo UNIX) que permite evaluar el comportamiento de la producción de un yacimiento a partir de simples ajustes empíricos, basados en las expresiones siguientes:

$$P = P_i \cdot \text{Exp} [ b (N_p - N_{p_i}) ] \dots\dots\dots (1)$$

donde:

- P<sub>i</sub> Presión estática inicial.
- N<sub>p<sub>i</sub></sub> Producción acumulada inicial.
- N<sub>p</sub> Producción acumulada a un tiempo t.
- P Presión del yacimiento a cualquier tiempo.
- b Pendiente del ajuste lineal de la historia de producción.

La ecuación 1 simboliza el comportamiento observado en un sinnúmero de yacimientos del sistema PEMEX que permite entre otras cosas extrapolarla en forma sistemática en nuevos y jóvenes yacimientos, con la condición expresa de estar sometidos bajo condiciones iniciales bajasaturadas. El mismo autor (Meza), ha continuado con los estudios de experimentar y validar los nuevos yacimientos actualmente en explotación, con el fin de ir mejorando y simplificando aún más el proceso de simulación bajo los diferentes esquemas de explotación, así como los diferentes mecanismos de empuje. Es decir, erradicar una de las hipótesis más importantes en las que se basan estas observaciones (bajasaturados).

En el tratado mediante el cual se describen los ajustes a las diferentes tendencias presentadas en un yacimiento, se hace mención y se describe la forma de evaluar cada uno de los mecanismos de empuje de mayor incidencia en la explotación de los hidrocarburos, a partir de lo

cual, se llega a la siguiente expresión que permite determinar el volumen original de hidrocarburos en el yacimiento:

$$N_o = \frac{B_1}{P_1 + C_e} \dots\dots\dots(2)$$

donde:

$$C_e = \frac{1}{N} \left[ \frac{N_p}{dP} \right] \text{ Compresibilidad efectiva del sistema roca - fluido}$$

B<sub>1</sub> Ordenada al origen de la primera tendencia lineal observada.

N<sub>o</sub> Volumen original de hidrocarburos.

P<sub>1</sub> Presión inicial del yacimiento.

Esta ecuación permite cuantificar uno de los parámetros de mayor importancia tanto técnico, como político y económico para la Industria Petrolera Nacional, ya que a partir de su valor aproximado, se realizan los grandes proyectos de explotación de hidrocarburos. El conocimiento básico del volumen original a partir de ecuaciones tan simplificadas, conduce a la problemática de su validez. Por lo tanto, la utilización de la ecuación 2 está supeditada a la validez de las primeras observaciones del yacimiento, por lo que su credibilidad se justificará en base a la información que se utilice para su estimación. Esta última observación implica que conforme se substraiga más información del yacimiento (producción, presión, etc.), su estimación deberá ser más aproximada y con un grado mayor de certidumbre.

La evaluación de las condiciones futuras del yacimiento a partir de los ajustes usando la ecuación 1, permitirá extrapolar el comportamiento de la presión en forma lineal con la extracción de la producción a diferentes tiempos. El mismo procedimiento empleado para determinar los mecanismos de empuje se utiliza para la etapa de extrapolación, aplicando incluso, la misma formulación con sus adecuadas adaptaciones en las condiciones futuras, y estableciendo las diferentes tendencias que se puedan presentar al abatirse la presión del yacimiento

Para aplicar este tipo de procedimientos a un yacimiento en particular deberán ser considerados varios puntos de interés:

1. Recabar el historial de producción del yacimiento.
2. Justificar el ajuste realizado al historial de producción del yacimiento.
3. Establecer políticas de explotación a nivel de yacimiento.
4. Analizar el efecto de los mecanismos de empuje en las predicciones.
5. La justificación de las predicciones realizadas con la misma historia de producción del yacimiento.
6. Calibrar y mejorar los datos específicos atribuibles al yacimiento.

Además, para fortalecer el entendimiento y aplicación del simulador deberán ser considerados los siguientes puntos de interés, que en cierta forma determinan los límites de aplicabilidad y por ende la interpretación de los resultados que de él emanen:

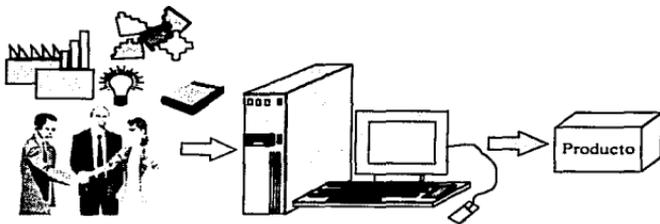
- Su aplicación es para yacimientos inicialmente bajosaturados.
- Se considera la explotación a partir de un solo pozo hipotético, es decir, la producción atribuible a los pozos perforados en el yacimiento se asignan como representativos de un solo pozo (modelo de tanque)
- La magnitud de las presiones medidas en cada uno de los pozos deberá ser llevada a un plano de referencia de profundidad.
- Todas las propiedades mecánicas de la roca y de los fluidos contenidos en el yacimiento deberán ser consideradas a un nivel medio.
- No se consideran los efectos de temperatura.

## CAPITULO 2

---

---

### MARCO CONCEPTUAL PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS



## CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS.

En la industria Petrolera como en muchas otras, el uso de la computadora es una de las herramientas más importantes para agilizar diversas actividades tanto administrativas como de procesos productivos o de apoyo en la toma de decisiones. Este uso se ha generalizado en mayor medida debido al avance tecnológico y al acelerado desarrollo existente en el mercado con herramientas sofisticadas de software que facilitan poner en marcha procesos complejos aparentemente de una manera "sencilla".

En la actualidad, el desarrollo de sistemas diseñados para apoyar este tipo de actividades tiene una fuerte demanda. Sin embargo, la forma en que se producen estos desarrollos no siempre es la más conveniente, aún cuando su aplicación es funcional.

Como caso particular tenemos que en el Área de Ingeniería Informática del I.M.P. el desarrollo de sistemas de cómputo no sigue una metodología de desarrollo que se encuentre establecida de manera formal y, aunque la forma de trabajo que se tiene ha venido funcionando y dando frutos, existen deficiencias que pueden ser subsanadas. Son vanos los factores que han influido para que esta forma de trabajo siga utilizandose, entre los cuales cabe mencionar los siguientes:

- Se cuenta con el *apoyo de personas expertas* (Ingenieros Petroleros) capaces de entender el tipo de sistemas que se solicitan y que además, cuentan con la experiencia suficiente en el desarrollo de los mismos. Punto importante en cualquier desarrollo, siempre y cuando no se concentre en ellos toda la información requerida para la elaboración del sistema, ya que de no encontrarse uno de ellos el desarrollo del sistema se retrasa o en el peor de los casos puede detenerse.
- Los sistemas técnicos que se elaboran *no tienen un flujo de información robusta*, por lo que el personal encargado de realizarlos no se detiene a hacer un análisis exhaustivo antes de empezar la realización de los mismos. Esto se debe a que los modelos matemáticos que intervienen en el sistema, implícitamente establecen la información que deberá ser

involucrada, así como los procesos que en él intervendrán para su funcionamiento. Por lo que la generación del código se inicia antes de realizar un análisis del sistema como tal, generando además, la falta de documentación.

- Debido a las características técnicas del producto que implican un grado de especialización en el área y al intento por generar un *Desarrollo Tecnológico* en el menor tiempo posible, se establecen tareas específicas que conllevan a la generación del sistema rápidamente sin detenerse en el proceso.

## 2.1. Metodologías de Desarrollo de Sistemas.

En las áreas encargadas del desarrollo de software, es común oír el término de *ciclo de vida de un sistema*, así como, el de metodología de desarrollo de un sistema.

Debe entenderse por *ciclo de vida del sistema* como un conjunto de etapas por las que atraviesa el sistema, desde el surgimiento del problema y su comprensión, hasta la elaboración, explotación y mantenimiento del mismo. Estas etapas están definidas por distintas *metodologías*, que engloban tareas generales y específicas que sugiere deben realizarse en la medida en que avanza el desarrollo de un sistema. Es importante mencionar que comúnmente el término de *ciclo de vida de un sistema* y el de *metodología* es usado indistintamente, así como el término de *modelo o paradigma* de desarrollo, sin embargo todos estos términos se refieren a lo mismo.

Las etapas que proponen las diversas metodologías son sólo una recomendación para la realización de un proyecto, y *no una fórmula* matemática que deba aplicarse al pie de la letra para obtener un resultado específico. Esta flexibilidad se debe a que cada problema que se presenta es diferente y como tal hay que adoptar la metodología que mejor se adapte al problema o considerar sólo los puntos que de ella se crean convenientes; además cabe mencionar que como todas las metodologías persiguen un mismo fin -el desarrollo de un sistema de cómputo- los pasos que proponen son muy similares.

A continuación se describirán en forma general los pasos que cada una de las diversas metodologías más utilizadas en la actualidad propone, se dice que de forma general ya que la intención de mencionarlás no es el de explicarlas a detalle sino sólo mostrar que existen diversos caminos en los que se puede apoyar un desarrollador.

### 2.1.1. Ciclo de Vida Clásico o Modelo en Cascada.

Esta metodología de desarrollo es la más antigua y la que con mayor frecuencia se utiliza en el desarrollo de sistemas (figura 2.1). La serie de etapas que sugiere deben seguirse de manera secuencial y sistemática son:

- **Investigación preliminar.** En esta etapa se estudia el sistema en un entorno general y se hace un análisis incipiente del mismo.
- **Análisis.** Se hace una recopilación de los requerimientos del sistema que ayude a determinar y definir los procesos y datos que intervendrán en él, se define la función, el rendimiento y las interfaces requeridas y se lleva un análisis a detalle de los mismos, lo cual es revisado con el cliente.
- **Diseño.** Una vez establecidos los requisitos, se crea un diseño representativo de los mismos.
- **Codificación.** Ya establecido el diseño se procede a generar el código, el cual dará como resultado el sistema.
- **Prueba.** Una vez generado el código se procede a hacer las pruebas pertinentes del mismo para verificar su funcionamiento e integridad del sistema, con el fin de observar que cumpla con lo deseado.
- **Mantenimiento.** Una vez entregado el sistema, éste puede sufrir modificaciones (casi siempre ocurre) es entonces cuando se entra en esta etapa donde se deben aplicar las etapas anteriores.

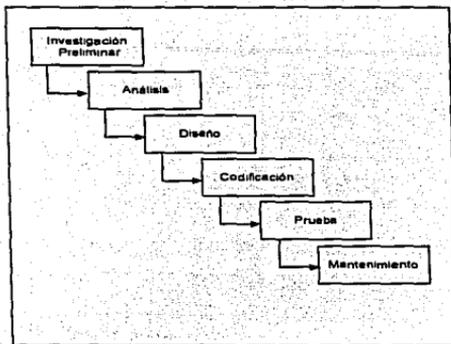


Figura 2.1 El ciclo de vida clásico

Se dice que es conveniente su uso en aquellos sistemas en los que se tiene una idea clara de lo que se debe hacer. Sin embargo, rara vez pasa esto, es por ello que no se sigue la secuencia propuesta durante el desarrollo ya que las actividades se entremezclan y en muchos casos se repiten. Aún así marca la pauta de un camino definido en el desarrollo de sistemas que involucra todas las etapas en las que se ve envuelto.

Uno de los inconvenientes en el uso de esta metodología es que el usuario puede ver el producto hasta las últimas etapas de desarrollo, y en caso de existir un error importante no detectado esto puede ser desastroso.

### 2.1.2. Generación de Prototipos.

Un prototipo debe entenderse como aquel modelo de software que simula el funcionamiento de un sistema en algunas de sus partes o en su totalidad, y que cuenta con las características de ser generado con rapidez y ofrecer flexibilidad para ser modificado.

Los pasos a seguir en el desarrollo de prototipos son:

1. Al igual que en todas las metodologías se empieza con una recolección de los requisitos del sistema, tratando de identificar aquellos que el usuario mejor conoce.
2. Se crea un diseño rápido basado principalmente en aquellos aspectos visibles al usuario.
3. Se genera un prototipo que funcione. Este diseño seguramente no es óptimo.
4. Se hace una evaluación del prototipo generado con el usuario, con el fin de conseguir mayor información que defina con mejor claridad el funcionamiento del mismo.
5. Se producen iteraciones sucesivas de los pasos anteriores, hasta lograr la obtención de un sistema satisfactorio.

En la figura 2.2 se muestran los pasos sugeridos para la creación de prototipos.

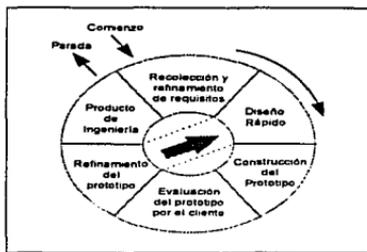


Figura 2.2 Generación de prototipos

Esta forma de desarrollo es muy flexible ya que no existe un plan fijo de actividades que deba seguirse para el desarrollo total del sistema, sólo existe un ciclo de planteamiento, desarrollo y revisión a lo largo del mismo. Sin embargo, no es un proceso a prueba y error, ya que antes de iniciar cualquier actividad de diseño o programación se hace un análisis con el usuario con la finalidad de identificar los requerimientos. El inconveniente es saber cuando debe detenerse este proceso, lo cual queda como responsabilidad de los desarrolladores quienes deben ser capaces de identificar hasta que punto debe ser refinado. Otro inconveniente de implantar esta forma de desarrollo es que el usuario al ver una primera versión del sistema cree que ya lo puede utilizar, sin saber o comprender que en muchos casos este se elaboró de una manera demostrativa en la que no se consideró la calidad y el mantenimiento del mismo.

El uso de esta metodología se recomienda en aquellos casos en los que los usuarios no tienen claros los requerimientos del sistema, así como cuando los desarrolladores no entienden en forma clara los requerimientos, o se tiene poca experiencia en el tipo de sistema que se pretende realizar, o cuando se cree que las funciones del sistema pueden crecer o cambiar a medida en que se avanza en el desarrollo del mismo. Algunos autores consideran la creación de prototipos como un método complementario que puede emplearse en las etapas de análisis y diseño para una mejor obtención de requerimientos del sistema y que posteriormente deberá desecharse, o utilizarse de manera parcial, pues su intención no es ser eficiente sino mostrar aquellos aspectos visibles al usuario para que éste pueda hacer una definición más clara de los mismos.

### **2.1.3. El Modelo en Espiral.**

El modelo en espiral (figura 2.3) surge como otra alternativa para el desarrollo de sistemas donde se conjugan las características del modelo en cascada y la creación de prototipos, y se incorpora una etapa nueva: el análisis de riesgo. En este modelo se definen cuatro actividades principales que son repetidas a lo largo de todo el desarrollo del sistema, creando versiones sucesivas del software cada vez más completas, hasta obtener el resultado final.

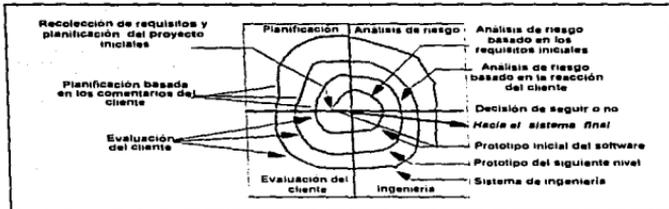


Figura 2.3 El modelo en espiral

1. **Planificación.** Determinación de objetivos, alternativas y restricciones.
2. **Análisis de riesgo.** Se da un análisis de las alternativas antes planteadas identificando los riesgos que se pueden presentar.
3. **Ingeniería.** Se genera el producto del nivel correspondiente. Esta etapa puede desarrollarse mediante la utilización del ciclo de vida clásico o mediante la creación de prototipos.
4. **Evaluación del cliente.** Se hace una revisión y valoración de los resultados obtenidos en la etapa anterior

La forma de trabajo que plantea es evolutiva y gradual. La creación de prototipos es utilizada como herramienta para el análisis de riesgo permitiendo a los desarrolladores y usuarios reaccionar oportunamente a los posibles riesgos de cada nivel. En la fase de ingeniería se aplica el enfoque sistemático del modelo en cascada de igual forma que en la totalidad del desarrollo, sólo que dentro de un marco de trabajo interactivo. Su uso y aplicabilidad todavía no es muy extendido ya que este modelo es relativamente nuevo y sugiere de personal capaz de llevar un control del mismo, así como, de la habilidad de determinar los riesgos y hacer una buena evaluación de los mismos.

## 2.2. Afinidades entre Metodologías.

Si se hace una comparación entre cada una de las diversas metodologías, se podrá observar que son muy similares ya que no se distingue una diferencia notable en los pasos que proponen. Todas engloban tareas con cierta secuencia lógica al estar involucradas en el desarrollo de un proyecto y aunque la secuencia de las mismas no sea quizás idéntica y en algunas metodologías se les da más peso a ciertas actividades, las diferencias no son trascendentes. Se pueden citar tres fases genéricas en las que se ve envuelto el desarrollo de un sistema, independientemente de la metodología que se utilice y del tipo de aplicación, del tamaño o de la complejidad de proyecto. Estas fases son: *la definición, el desarrollo y el mantenimiento*<sup>2</sup>.

En la fase de *definición* se debe dar respuesta a la pregunta de *¿qué se debe hacer?*, fase en la cual se define la información a ser procesada, la función y el rendimiento que se desea, y la especificación de las restricciones y las interfaces que deberán establecerse, así como los criterios para validar el sistema. Esta fase engloba tres actividades específicas que son:

- **Análisis del sistema.** En la que se define el papel que tiene cada uno de los elementos que constituyen el sistema.
- **Planificación del proyecto de software.** Una vez definido el objetivo del desarrollo del software, se procede a hacer un análisis de riesgo, se establecen los costos, se definen las tareas y los recursos que intervendrán en el proyecto.
- **Análisis de requisitos.** Se hace una definición a detalle de la información y función del sistema.

La fase de *desarrollo* tiene como objetivo responder a la pregunta de *¿cómo?* se hará el diseño de la estructura de datos, el diseño de la base de datos, la arquitectura del software, la interfaz con el usuario, los procedimientos, y el establecimiento de cómo deberán realizarse las pruebas del sistema. En esta fase existen diferentes métodos y herramientas que se pueden utilizar para el diseño, pero de forma independiente de ellos son tres las actividades que deben realizarse

---

<sup>2</sup> Roger S. Pressman *Ingeniería de Software* Dc. Mc Graw-Hill, 1995

- **Diseño del software.** Se hace una representación que describa tanto los datos, los procesos y las interfaces de usuario descritas en la fase anterior.
- **Codificación.** Se traduce a un lenguaje entendible por la máquina con lo establecido en el diseño para generar el código ejecutable del sistema.
- **Pruebas del software.** Se hacen pruebas del código generado en el paso anterior con el fin de detectar errores en las funciones del sistema y proceder a resolverlos.

La fase de *mantenimiento* esta enfocada a dar respuesta a los cambios que puedan presentarse en el sistema debido a la correccion de errores en la interpretación de uno o más de los requerimientos, o a posibles modificaciones requeridas por el usuario, para implantar mejoras en el funcionamiento del mismo, asi como, a adaptaciones que se requieran por la evolución del entorno del software. Esta fase aplica los mismos pasos de las fases de definición y desarrollo, con la única diferencia que es aplicado a un sistema ya existente y no a uno nuevo.

### 2.3. ¿Por qué usar una metodología?

El desarrollo de sistemas de una forma desorganizada, es todavía un problema actual en las empresas mexicanas debido quizas a que no se dá la importancia adecuada al establecimiento de una metodología que sirva de apoyo para el desarrollo de los mismos<sup>3</sup>. Esto puede deberse principalmente a la falta de cultura informática por parte del personal involucrado en los desarrollos, ya que en muchos de los casos el personal se ha formado en este campo por la necesidad de elaborar sistemas que sirvan de apoyo en las areas en que labora. Además, la experiencia adquirida por el personal en el desarrollo de sistemas y la urgencia de generar resultados por parte de los usuarios, a propiciado que se generen hasta el momento sistemas utilizables y eficientes que han resuelto sus necesidades, por lo que rara vez quieren perder tiempo en adaptar algo que no saben si funcionara.

---

<sup>3</sup> Revista Soluciones Avanzadas Junio '96 (Entrevista a Yourdon)

Es muy cierto que seguir una receta de cocina al pie de la letra, no garantiza que un guisado salga bien, de igual forma, el aplicar una metodología para el desarrollo de sistemas no garantiza que los proyectos sean satisfactorios. Sin embargo, la probabilidad de crear productos más eficientes, en menos tiempo y con mayor calidad aumenta. El adaptar una metodología no es algo que se dé de la noche a la mañana. Se requiere de tiempo para establecer y difundir la nueva forma de trabajo, así como de fomentar su uso y preparar al personal involucrado en el desarrollo de sistemas para que entienda la finalidad de la misma y se apegue a los lineamientos que se propongan en ella. Se requiere de tiempo y paciencia, algo que rara vez se está dispuesto a brindar. Pero hay que sopesar las ventajas que implica la utilización de una metodología como parte de un desarrollo, antes de descartar el empleo de una de ellas. Algunas de las ventajas que trae consigo el uso de una metodología son:

- Genera una estabilidad básica en el desarrollo de los sistemas. Es decir, se tiene una guía en el desarrollo del sistema y no se actúa en forma desorganizada.
- Permite dar seguimiento a las actividades, lo que facilita el control dentro del proceso de desarrollo. Al existir un camino definido, es posible establecer el punto en el que se encuentra el desarrollo del sistema y por tal, es posible establecer puntos de control que ayuden a reforzar aquellas etapas donde haga falta mayor atención.
- Elimina problemas derivados por rotación de personal. Si se sabe hacia donde se va y se genera la documentación adecuada de lo que se está haciendo, un cambio en el personal no afectará de forma sustancial el desarrollo. De este modo, cualquier persona tendrá las bases para involucrarse en el desarrollo lo antes posible, evitando demoras por no saber explicarle en forma detallada el sistema que se pretende, ya que es posible el olvido de algunos puntos relevantes, dado que no se tiene la documentación adecuada.
- Crea un entorno de desarrollo entendido por todos los involucrados. Esto es importante ya que si la información está concentrada sólo en una persona, implica que en el momento que no se cuente con ella, por alguna u otra razón, el desarrollo del sistema se puede alentar o detenerse.

Ahora bien, una pregunta a la que se enfrentan aquellas personas o área(s) que intentan elegir una metodología de desarrollo: ¿Cuál metodología debe emplearse?. La elección de una de ellas estará determinada por el tipo sistema que se pretenda implementar, así como por las

condiciones de trabajo en las que se tenga que hacer el desarrollo del mismo. Esta decisión sin embargo debe apoyarse en la experiencia del personal y en la capacidad de entendimiento de tal o cual metodología. Puede darse el caso que ninguna de las metodologías propuestas se apege a las necesidades de desarrollo del área, por lo tanto, es importante establecer una metodología propia la cual seguramente estará basada en las ya existentes. Esta puede ser una combinación de dos o más metodologías, aprovechando las ventajas de cada una de ellas, o bien, puede basarse en una en particular, solo que no se tomaran en cuenta todos los aspectos y actividades que en ella se proponen; o en caso contrario, pudieran agregarse actividades complementarias que surjan como necesidad del área en particular.

Una vez establecida la forma de trabajo para el desarrollo de los sistemas es posible introducir mejoras a dicho proceso de desarrollo ya que a través de la aplicación del mismo se podrán observar puntos claves en los que se deba reforzar una actividad o implementar otras. Es decir, este proceso irá evolucionando conforme se haga uso de él hasta que adquiera cierta madurez. Es importante considerar que no todo debe ser nuevo por completo al momento de establecer una metodología de desarrollo. Hay que seguir conservando aquellos aspectos que han hecho posible los desarrollos hasta ahora; debemos recordar que una metodología no es algo totalmente hermético que no acepta cambios, más bien, es un proceso ordenado que permite definir los lineamientos a seguir para llevar a cabo la fabricación del software haciendo acopio de técnicas, métodos y herramientas que faciliten y mejoren su desempeño. Debe siempre utilizarse o simplemente encausarse aquellos aspectos que se consideren convenientes: no eliminar al adaptar una nueva forma de trabajo. Además, debe tomarse en cuenta la experiencia y la habilidad del personal existente, ya que sus aportaciones pueden ser muy significativas para refinar y progresar en el uso de la metodología.

#### 2.4. El Desarrollo de un Sistema Técnico.

Antes de explicar las recomendaciones que se sugiere seguir en el desarrollo de un sistema técnico, intentaremos definir lo que es un sistema técnico y cuales son las diferencias que tienen con respecto a los sistemas de información.

En forma esquemática podemos ver en la figura 2.4a que en un sistema de información existe una relación directa entre el usuario y el desarrollador del sistema. Como producto de esta relación se genera la definición de los requerimientos y el análisis del sistema a desarrollar. En algunos sistemas técnicos sin embargo, no se da esta relación usuario - desarrollador (ver figura 2.4b), ya que los sistemas a generar utilizan modelos matemáticos específicos que de manera implícita definen los procesos y los datos necesarios para conseguir los resultados deseados. Debido a esto, no se tiene contacto alguno con el usuario final, pues éste no tiene intervención alguna con la parte operativa del sistema, ya que el modelo la establece propiamente. Este es un punto muy significativo en comparación con los sistemas de información.

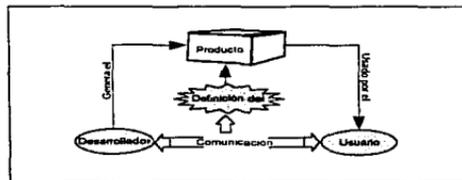


Figura 2.4 a) Sistema de Información

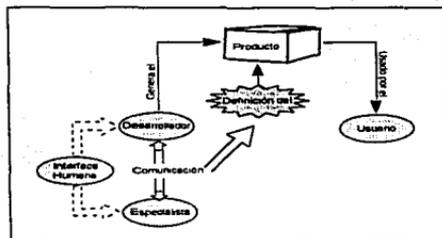


Figura 2.4 b) Sistema Técnico

Otro aspecto de suma importancia es que el objetivo de los sistemas técnicos es implantar un desarrollo tecnológico que conjugue teorías nuevas del área en estudio y las bondades del software, para crear tecnología de punta, por lo que el diseño del mismo es responsabilidad plena del desarrollador. En tanto que en un sistema de información, el usuario define la forma que el sistema va a tomar para su mejor comprensión y manejo, de manera conjunta con el desarrollador. Además, en los sistemas de información existen procesos mecánicos que se dan dentro de las actividades cotidianas del usuario y aunque este no tenga la idea real de la forma que el sistema va a tener, si se sabe que tipo de procesos existen y que curso debe seguir. Sin embargo, en un planteamiento matemático (abstracto) no se tiene idea de la forma que va a tomar en un sistema para ser entendido por terceras personas.

Otro punto a considerar es que en los sistemas de información se tienen dos grupos de personas (los usuarios y los desarrolladores) para definir el planteamiento del sistema. En un sistema técnico se tienen dos grupos más, los especialistas y un cuarto grupo que puede ser necesario en caso de que el especialista no pueda dar a entender al desarrollador lo que requiere el sistema.

El *especialista* es el encargado de generar las teorías para el estudio de los fenómenos físicos que puedan dar como resultado un avance en la forma de concebir el mundo. Estas teorías deben ser traducidas a modelos matemáticos complejos que sólo ellos pueden crear, debido al perfil técnico con que cuentan. Esto conduce a que tomen parte en el desarrollo del sistema para la creación de los modelos, pero seguramente estos modelos no cuentan con las consideraciones que se deben hacer al implantarse en un sistema (proceso que engloba muchísimo más características y subprocesos para su desempeño). Es decir que sólo tiene una concepción de un tipo de formulación a aplicar (Dato - Aplicación de Fórmulas (proceso bien definido) - Resultado) y se vuelve un problema el querer implementar este proceso como parte de un sistema que es de mayor propósito general. Es aquí donde entra la *interfaz humana* que debe ser capaz de entender las expectativas de los especialistas y plasmar estas en forma de sistema, con objetivos definidos para hacer comprender al desarrollador lo que se necesita. Es por ello que esta interfaz debe tener también conocimientos de software profundos que permitan explotar la tecnología al adaptarla en un sistema.

En base a lo anterior, un *sistema técnico* se define como un conjunto de programas interrelacionados entre sí, en el que se involucran procedimientos de cálculo especializados (modelos matemáticos) con la finalidad de predecir y/o reproducir el comportamiento de un fenómeno físico en particular, para optimizar costos de operación y/o de diseño en una gran variedad de aplicaciones.

#### 2.4.1. Caso Específico de Desarrollo de Sistemas Técnicos.

El desarrollo de sistemas técnicos enfocados al campo de la *Ingeniería Petrolera* se lleva a cabo solo por personal especializado que trabaja en ella. En México no existen empresas que se dediquen a esta línea de producción de software, debido a que el único cliente a nivel nacional sería Pemex y esto no representaría un negocio para ellas, y aunque existen diversas compañías extranjeras que ofrecen este servicio, los costos de sus productos son exageradamente elevados. Este factor ha propiciado que las personas involucradas en estos desarrollos sean aquellas que se enfrentan a los problemas (Ingenieros Petroleros, Geólogos, etc.) y que buscan alguna solución a los mismos.

Por tal motivo, la inercia de como se ha venido gestando el desarrollo de este tipo de sistemas ha propiciado que se generen grupos de trabajo interdisciplinarios (diferentes especialidades) que se han preparado de manera empírica (a prueba y error) en el desarrollo de los sistemas, sin la aplicación de los conceptos de la ingeniería de software. Desde un punto de vista formal se han generado problemas debido a deficiencias en el proceso de desarrollo como son:

- El conocimiento implicado para el desarrollo de los sistemas es centralizado y concentrado en pocos elementos del personal.
- Se propicia la falta de documentación formal y verídica tanto técnica especializada como informática.
- El proceso de centralización genera entregas a destiempo de los productos y por lo tanto el costo se ve incrementado.

- La centralización de la información también genera que el grupo desarrollador no entienda el sistema en su totalidad sino parcialmente.
- Se limita el proceso de desarrollo debido a que poca gente cuenta con el perfil requerido.

Por otra parte, la mayoría del material bibliográfico referente a las metodologías de desarrollo de software está enfocado a sistemas de información, lo que hace difícil la adaptación de una de ellas al desarrollo de un sistema técnico de manera clara y precisa. Sin embargo, muchos de los aspectos que engloban las metodologías de desarrollo de sistemas de información son aplicables, sólo que hay que contar con la habilidad para adaptar la metodología adecuada así como la terminología que defina el camino a seguir en la construcción de los mismos. Se puede decir entonces que el desarrollo de un sistema técnico comprende todas las etapas en las que se ve envuelto el desarrollo de un sistema informático, solo que algunos aspectos cambian o deben verse desde una perspectiva diferente.

Uno de los matices que se presentan en este tipo de desarrollos es la creatividad conforme se va generando el producto, lo que dá lugar a cambios substanciales y continuos en el desarrollo de los mismos. Es comparado al artista (escultor) que tiene en sus manos un montón de barro y que conforme lo va modelando puede tomar matices diferentes que no se le ocurrieron hasta que fue adquiriendo forma la escultura.

Esto representa un problema desde el punto de vista de desarrollo, ya que al hacer modificaciones conforme se genera el producto, puede implicar mucho mayor tiempo de desarrollo, pero desde el punto de vista de desarrollo tecnológico, no debería representar un problema, sino más bien, una ventaja. Lo importante aquí, es establecer desde el inicio la forma que adoptará el producto final, reforzando ésta con una lluvia de ideas que permita vislumbrar el sistema global antes de ser desarrollado. No es conveniente limitar el ingenio y creatividad que se de posteriormente al diseño del sistema, pero debe considerarse hasta que punto puede ser factible el hacer nuevos cambios sobre algo ya realizado, para valorar los contratiempos y pormenores que pueden ocasionarse.

Dado que el modelo establece los datos y procesos necesarios en el sistema, es más importante trabajar en el establecimiento de la forma en que los datos serán solicitados, los resultados

mostrados y los procesos ágiles e interactivos, para ser entendidos por los usuarios finales. Sin embargo, por poco que sea el flujo de información dentro del sistema y de que los procesos estén definidos implícitamente, debe existir un análisis que pueda optimizar el manejo de los mismos, generando la documentación adecuada que sirva de apoyo al grupo desarrollador. Una vez establecidos estos aspectos se debe seguir con el proceso de desarrollo.

## **2.4.2. Propuesta de Desarrollo del Caso en Estudio.**

Se sugiere una serie de etapas para el desarrollo del sistema del caso en estudio (Simulador MEYVO), lo cual no implica una secuencia sistemática para el desarrollo, sino una base mediante la cual se pueda partir para la generación del producto. Es importante mencionar que estas etapas pueden repetirse tantas veces como sea necesario durante el desarrollo, pero el nivel de profundidad con el que se aplique dependerá del criterio del desarrollador, así como de la complejidad del problema que se haya presentado. Sin embargo, se sugiere que se genere la documentación que se considere pertinente realizar al repetir estas actividades. Las fases o etapas que se sugiere seguir son: Análisis de factibilidad, Análisis del sistema, Diseño, Construcción, Pruebas y Validación y Mantenimiento.

### **2.4.2.1. Análisis de Factibilidad.**

En el inicio del desarrollo de un sistema, es importante determinar si la realización del mismo es ó no factible, haciendo una estimación del tiempo y el costo, así como de los recursos que serán necesarios para la realización del proyecto.

Sin embargo, las estimaciones que se hagan al respecto son en la mayoría de los casos especulativas y pocas veces se cumplen, pero el tener al menos una estimación inicial de lo que puede o no ocurrir marca un lineamiento al cual se intentará apegarse, evitando en lo posible una sobre inversión en el tiempo, el costo o el personal implicado en el desarrollo.

El establecer estas estimaciones, es más en grado de experiencia que el seguir una fórmula que establezca cómo debe cuantificarse el esfuerzo requerido, el costo real del producto o el tiempo de desarrollo, ya que los múltiples factores que pueden afectar estas estimaciones son cualitativos y no se puede más que generar estimaciones en base a la experiencia de proyectos anteriores.

Aún cuando las estimaciones son sólo eso, estimaciones, son varios los aspectos que pueden considerarse para hacerlas más apegadas a la realidad, evitando con ello inversión de tiempo no deseado o consideraciones erróneas que conduzcan a fallas en el proyecto provocando costos elevados y entregas inoportunas. Para fines de mencionar los aspectos a considerar, estos se dividen en seis puntos los cuales se mencionan a continuación:

- Competencia y mercado. Verificar si existe algún producto en el mercado que cumpla con los requerimientos del sistema y contemplar las ventajas y desventajas de adquirirlo en lugar de desarrollarlo. En caso de ser desarrollado deberá justificarse el porqué se tomó la decisión.
- Técnico. Justificar desde un punto de vista técnico la adaptación de nuevas tecnologías en el desarrollo del sistema. O bien, considerar una actualización técnica de un producto en base a las adaptaciones de software de vanguardia.
- Recursos humanos. Localizar e identificar al personal calificado que intervendrá en el desarrollo del sistema y establecer si se requiere la asistencia de terceros como apoyo.
- Hardware y software. Revisar el software y el hardware con que se cuenta para el desarrollo del sistema tomando en cuenta principalmente el equipo donde será explotado. En caso de tener que adquirir equipo o software extra es también tarea el evaluar las posibilidades de adquisición y la selección del mismo.
- Económico. Realizar una estimación del costo que tendrá el desarrollo del sistema en base al tiempo y al personal involucrado para su realización. En este punto deberá contemplarse si por la naturaleza misma del sistema es necesaria la asesoría externa. También tomar en cuenta cuál es el costo en caso de decidir no desarrollar el sistema.
- Operativo. Tomar en cuenta el ambiente laboral donde se va a explotar el sistema para definir los atributos de instalación, configuración y la forma de trabajo del mismo. Algunos de los puntos a considerar son: el sistema operativo, si estará o no en red la aplicación, si estará centralizada la aplicación en un servidor, etc.

El resultado de esta etapa deberá dar como respuesta la justificación del desarrollo del sistema, un plan de cotización y las etapas preliminares de desarrollo del mismo.

### 2.4.2.2. Análisis del Sistema.

La etapa de análisis consiste en describir qué debe hacer el sistema, construyendo de manera esquemática el comportamiento de la operación del sistema de tal forma que ilustre los procesos que este debe realizar, así como, determinar la información requerida para ser alimentado y producir los resultados esperados.

Existen diferentes herramientas de modelado que facilitan la representación de los datos y procesos por medio de diagramaciones. A continuación describiremos brevemente las herramientas que serán utilizados en el presente trabajo a fin de aplicar el proceso de análisis.

#### *Diagramas de flujo de datos*

Es una herramienta gráfica que ilustra los datos de entrada, las funciones que el sistema debe realizar y las salidas generadas. Además, describe la transformación que los datos sufren desde la entrada hasta la salida. En la figura 2.5 se muestra la notación que se usara en el capítulo tres para crear los diagramas de flujo de datos.

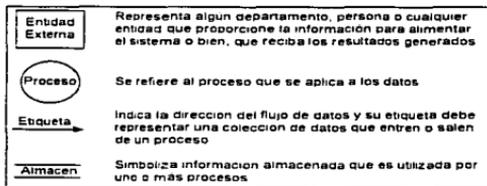


Figura 2.5 Notación de diagramas de flujo

La notación esquemática debe ir acompañada de una descripción textual de cada uno de los flujos de datos contenidos en todo el diagrama, así como de cada proceso utilizado, las herramientas utilizadas para éste propósito son el diccionario de datos y la especificación de los procesos respectivamente.

### Diagrama entidad - relación

Es una herramienta que permite describir a detalle toda la información contenida en cada almacén de datos especificado en el diagrama de flujo de datos, así como enfatizar la relación que pueda existir entre un almacén y otro. Debe agregarse al diccionario de datos la definición de todas las relaciones que se generen en este diagrama.

Los componentes utilizados para generar el diagrama entidad - relación en el capítulo tres se muestran a continuación (Figura 2.6).

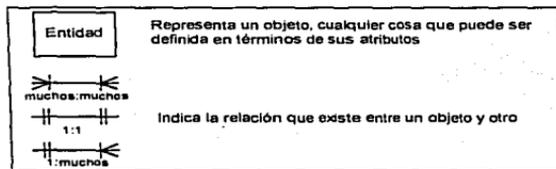


Figura 2.6 Componentes del diagrama entidad - relación

Para iniciar con la elaboración de los diagramas que forman parte del análisis, es indispensable entender todos los procesos y localizar cada conjunto de datos. En el caso de sistemas técnicos es obligatorio estudiar el funcionamiento de los modelos matemáticos con el fin de identificar tres agrupaciones de los procesos implicados en ellos como el presentado en la figura 2.7 que facilita el entendimiento de su operación.

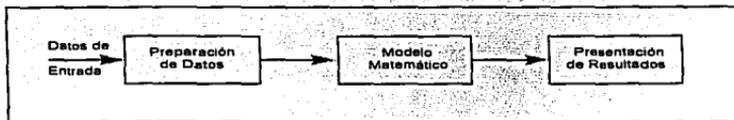


Figura 2.7 Procesos para el entendimiento de la operación

**Preparación de datos:** Identificar y reconocer todos los datos necesarios que intervienen en el modelo matemático con el auxilio de procesos para la preparación de los mismos. Además, deberán detectarse los algoritmos numéricos que serán empleados en estos procesos.

**Modelo matemático:** Identificar los procesos que tienen lugar al aplicar los modelos matemáticos utilizados para resolver el problema.

**Presentación de resultados:** Se refiere a los procesos que interpretan los resultados generados en la aplicación de los modelos matemáticos, buscando la mejor forma de presentarlos al usuario.

Por otra parte, debe realizarse el estudio y estructura de los elementos complementarios que dan el acabado final al producto a desarrollar como son:

- 1) Entender el funcionamiento de operación del sistema, que se refiere a la elaboración de manuales y ayudas en línea.
- 2) Ofrecer seguridad contra el uso NO autorizado del sistema, o de algunos de sus componentes (seguridad por niveles).
- 3) Preparar una instalación fácil y sencilla.

### 2.4.2.3. Diseño.

Es la etapa dentro del proceso de desarrollo de un sistema en la que se describen detalladamente todas las tareas que tengan lugar a partir de las definiciones propuestas en la etapa de análisis. El resultado final de esta etapa, será la entrega de "planos" con las especificaciones de cómo se va a construir el sistema. El conjunto de actividades a realizar dentro de esta etapa son las siguientes:

- Definir el entorno de desarrollo. Es el proceso de selección y definición de las condiciones bajo las cuales se realizará el desarrollo considerando: sistemas operativos, lenguaje de programación, herramientas de desarrollo y hardware que se utilizará. El resultado de esta definición implica delimitar la forma de las actividades restantes.
- Diseñar la interfaz de usuario.
  - Formato de la presentación inicial.
  - Formato de diálogos.
  - Atributos de componentes.
- Estructuración de eventos.
- Diseñar la base de datos.
- Generar algoritmos de cada proceso.

Y otras actividades complementarias como las siguientes:

- Preparar la estrategia de protección.
- Generar las ayudas en línea.
- Preparar los procedimientos de instalación y desinstalación.
- Estructurar la guía de usuario y el manual técnico.

Dentro del conjunto de actividades antes descritas hay tres de mayor importancia desde el punto de vista de desarrollo: el diseño procedimental, diseño de datos y diseño de la interfaz, para los cuales se cuentan con algunas herramientas para representar su diseño de una manera más formal.

#### *Diseño procedimental*

Se refiere a la obtención de un algoritmo detallado de los procesos especificados en el diagrama de flujo de datos, generado en la etapa de análisis, haciendo acopio del uso de pseudocódigo o herramientas gráficas para facilitar la representación del comportamiento de cada proceso. Para propósitos del capítulo tres será utilizado el pseudocódigo como herramienta para generar este diseño.

#### *Diseño de los datos*

Consiste en generar los siguientes diseños:

Diseño de la base de datos: Es la tarea de obtener a partir del diagrama entidad - relación generado en la etapa de análisis, la base de datos correspondiente. Se obtendrá como resultado el nombre de cada tabla involucrada con el nombre, tipo y longitud de los campos correspondientes.

Diseño de la estructura de datos: Consiste en definir la mejor forma de representar y almacenar los datos en forma organizada para accederlos eficientemente.

#### *Diseño de la interfaz*

Es un proceso de creatividad para generar una representación formal de todos los elementos visuales que constituyen el sistema.

Las actividades complementarias de la etapa de diseño deben ser especificadas en cuanto a formato y contenido. Además, debe definirse el lugar en que tendrá efecto su desarrollo dentro del sistema y bajo que condiciones serán manejadas.

#### 2.4.2.4. Construcción.

Proceso durante el cual se genera físicamente el producto (definido este como sistema) en base a las especificaciones del diseño. Las actividades implícitas en este proceso son:

- a) **Definir la estrategia de construcción.** Elaborar el programa de actividades que tendrá lugar para la generación del producto, especificando la manera en que serán abordadas cada una de ellas, el tiempo requerido por actividad y el personal encargado de su desarrollo. Dentro de este punto, debe definirse la forma de trabajo de codificación a emplear ( Orientada a Objetos, Estructurada, Híbrida), así como la forma en que será construida y usada la estructura de datos, y las características bajo las que será generada la aplicación.
- b) **Generar la documentación de usuario.** Definir el contenido de las ayudas y manuales del sistema. En este punto se debe contar con la asesoría de personal especializado quienes definan la información técnica necesaria. La captura de esta información puede ser un proceso diferente al de la codificación; aunque la información para la ayuda en línea requiere de un lenguaje o instrucciones específicas para ser parte del sistema.
- c) **Codificar.** Generar el código fuente necesario a través de un ambiente de desarrollo y herramientas de software específico que de lugar a la construcción del sistema como algo tangible y funcional que pueda ser procesado por el equipo de cómputo.

Durante el proceso de codificación, el programador debe tener siempre en cuenta que el código generado debe ser eficiente; pensando a futuro para un fácil mantenimiento. Algunos puntos a considerar durante este proceso son:

- Definir las características bajo las que han de generarse el o los programas ejecutables de la aplicación, como son:
  - Definir si será una aplicación de 16 ó 32 bits.
  - Establecer si los recursos formaran parte del ejecutable.
  - Establecer si las librerías serán integradas de forma interna o externa.
  - Verificar el rendimiento en tiempo de corrida.

- Documentar el código fuente internamente.
- Depurar el código.
- Administrar el código fuente en proyectos de volumen considerable.
- Estandarizar el código.

En forma paralela a la codificación se generan pruebas tanto a nivel de módulo y funciones inclusive de instrucción, como a nivel del sistema completamente integrado, con las cuales se pretende encontrar errores de funcionamiento e interfaz para que sean depurados, garantizando así que el código sea válido y funcional.

#### 2.4.2.5. Pruebas y Validación.

El proceso de pruebas y validación consiste en evaluar el producto tentativo final (denominado como versión beta) bajo ciertas condiciones preestablecidas, mediante las cuales se dictamine si existen o no errores, con el fin de que al ser detectados, puedan ser corregidos antes de la entrega del producto. Dos son los tipos de prueba indispensables para validar el sistema.

- a) Pruebas generales.** Se intenta probar que el sistema funciona conforme a las especificaciones del mismo y que cumple con los objetivos para los que fue creado; además de probar características como portabilidad, rendimiento y facilidad de uso, incluyendo la revisión de los manuales para ver si son o no entendibles.
- b) Pruebas de aceptación.** Pruebas con las que se verifica que los resultados obtenidos del sistema son confiables. este tipo de pruebas en particular son de suma importancia para los sistemas técnicos ya que el resultado de de ellas emane permitira dar o no por terminado el desarrollo del sistema. La validación de los resultados será realizada en primera instancia por el equipo desarrollador, posteriormente por el especialista que supervise el desarrollo y por último, la validación más importante será hecha por el usuario final quien realice pruebas a nivel de campo para corroborar que los resultados obtenidos son confiables y válidos. La validación de los resultados, se hace en base a la comparación con resultados emanados por otros simuladores o con datos observados

La realización de cualquiera de este tipo de pruebas, requiere que se genere un plan de las mismas, donde se defina:

1. El propósito y alcance de la prueba. Determinar el objetivo de la prueba y la o las características a ser probadas, así como la parte del sistema en que se aplicará la prueba.
2. Descripción de la prueba. Describir en forma detallada la preparación de los datos de entrada necesarios para llevar a cabo la prueba así como los resultados esperados de la misma. Describir el proceso de realización de la prueba y la manera en que han de analizarse los resultados.
3. Generación de reporte de prueba. Registrar los resultados obtenidos durante la prueba y el resultado del análisis de los mismos, anotando los problemas que se hayan presentado y algunas peculiaridades que se consideren pertinentes.

#### 2.4.2.6. Mantenimiento.

Es el proceso de modificación y/o actualización al código de una aplicación que se encuentra ya en periodo de explotación. La necesidad de modificar un sistema suele darse principalmente por tres factores:

- a) Cuando es necesario adaptar el sistema a un entorno diferente al cual fue concebido, por ejemplo cuando se cambia de versión de sistema operativo o de manejador de base de datos pueden requerirse pequeñas modificaciones para que el sistema se adapte a ellas. Este tipo de modificaciones se conoce normalmente como *mantenimiento adaptativo*.
- b) Cuando en el manejo del sistema se ha encontrado alguna falla de algún proceso, función o dato. Se da lo que se conoce como *mantenimiento correctivo*.
- c) Cuando surge la necesidad de hacerle mejoras al sistema o pequeñas añadiduras, que lo hagan más eficiente o de mayor envergadura. Por ejemplo al introducir un nuevo formato de reportes o un módulo adicional al sistema.

En la etapa de mantenimiento se deben considerar únicamente aquellas modificaciones que no impliquen cambios sustanciales en el sistema. Es decir, que los cambios sean por algún error en el funcionamiento o por adaptaciones no muy complejas ni frecuentes, ya que si se requiere de modificaciones que alteren el diseño del sistema de forma sustancial, podría implicar el generar una nueva versión del mismo, lo que no entra dentro de los alcances del mantenimiento.

Es importante tomar en cuenta que los riesgos de modificar algo ya existente son muy grandes, más aun cuando el sistema se encuentra fuertemente acoplado, por lo que durante el proceso de desarrollo del sistema se debe tener presente que mientras mejor se desarrolle cada una de las actividades y se genere la documentación correspondiente se facilitará la tarea del mantenimiento.

Ahora bien aunque los cambios aparenten ser sencillos, pueden generar otros errores, por lo que se recomienda no realizarlos, hasta asegurarse del impacto que tendrán en la integridad del sistema. Por otro lado, una vez realizados los cambios se deben realizar pruebas que permitan verificar que no se dañe la funcionalidad del sistema. Se debe generar adicionalmente la documentación pertinente a los cambios, tanto a nivel de código fuente, como a nivel de la documentación del sistema (análisis y diseño) y en los manuales y ayudas en caso necesario.

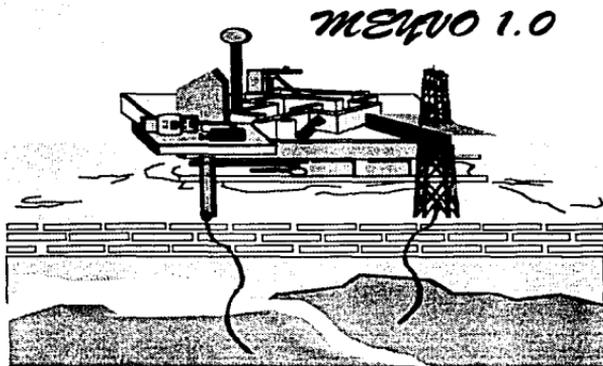
Una vez que se ha modificado satisfactoriamente el sistema se debe realizar la actualización correspondiente a los diferentes usuarios.

## CAPITULO 3

---

---

### FASES DE DESARROLLO DEL CASO EN ESTUDIO



## CAPITULO 3. FASES DE DESARROLLO DEL CASO EN ESTUDIO.

En el presente capítulo se describen las etapas de desarrollo del sistema MEYVO Ver.1.0. Las etapas a considerar son el análisis, el diseño, la construcción y la elaboración de pruebas, sin llegar a la etapa de mantenimiento, ya que el efecto de la misma sólo tiene lugar después de la entrega del producto y el tiempo para ello es de por lo menos medio año, lo que queda fuera del alcance del presente trabajo.

### 3.1. Análisis de Factibilidad.

El desarrollo del sistema MEYVO ver. 1.0 tiene su justificación de acuerdo a los siguientes puntos:

*Técnico:* Se justifica técnicamente el desarrollo del sistema debido a que es una innovación tecnológica dentro de la Industria Petrolera que involucra en la medida de lo posible, las nuevas tecnologías de software para explotar teorías ya aplicadas que sirven como apoyo en la toma de decisiones de una manera flexible y confiable.

*Económico:* Dado que el personal asignado para el desarrollo se encuentra en un plan de becas para la formación de recursos humanos, el costo en cuanto a mano de obra es poco significativo para Pemex (único usuario potencial del sistema).

*Operativo:* El sistema deberá ser desarrollado de tal forma que el usuario lo explote adecuadamente, observando las características y el perfil técnico estándar del personal asignado a la operación del mismo. El sistema será desarrollado en un equipo similar con el que cuentan los usuarios finales, por lo que su adaptabilidad al mismo será inmediata, sin requerir de equipo adicional. Será desarrollado bajo ambiente Windows en equipo PC.

**Competencia y Mercado:** La competencia no existe a nivel nacional, y aunque a nivel internacional sí existe, los productos existentes son de propósito general y de mayor envergadura, con la característica de tener una filosofía diferente a la del usuario mexicano, por lo que su adaptación y manejo no es sencilla y la explotación del producto es complicada. Por otro lado, el costo de los mismos es elevado y se requiere de soporte y capacitación externa.

### **3.2. Análisis del Sistema.**

#### **Problema**

Facilitar el uso y la aplicación del modelo matemático planteado por Meza, para la predicción del comportamiento de producción de yacimientos inicialmente bajosaturados, a través de un sistema amigable para el usuario.

La revisión del modelo matemático planteado por Meza fue realizado en el capítulo 1, a partir del cual se identificaron los datos de entrada al sistema, los procesos necesarios para su aplicación y los resultados que emanan de él. A continuación se presenta una lista de los mismos:

#### **Datos de entrada**

- Historial de producción a nivel de pozo y/o yacimiento.
- Políticas de explotación a nivel de pozo.
- Datos PVT, datos característicos y datos del yacimiento.

#### **Procesos de preparación de datos**

- Generar un pozo representativo del yacimiento en base a la información del historial de producción.
- Suavizamiento del historial de producción del pozo modelo.

### Procesos del modelo matemático

- Identificación de los mecanismos de empuje mediante el trazado de líneas sobre el historial de producción.
- Representación del ajuste del historial de producción a través de mecanismos de empuje.
- Determinación del comportamiento de la producción a condiciones futuras (predicción).

### Resultados

- Volumen original del yacimiento.
- Generar los reportes gráficos de la producción y presión esperada del yacimiento.

#### 3.2.1. Diagrama de Flujo de Datos.

La identificación de los datos y procesos conlleva al desglose del diagrama de flujo de datos general del Sistema MEYVO presentado en la figura 3.1

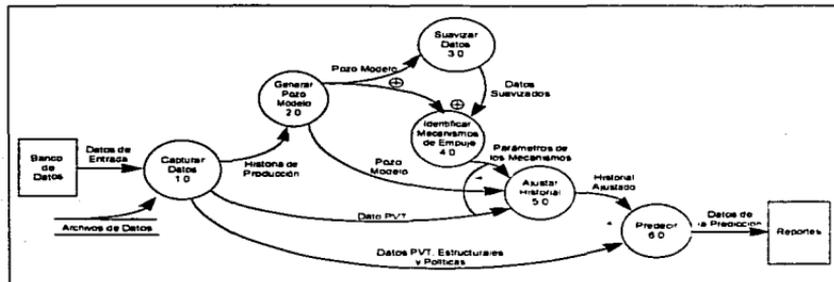


Figura 3.1 Diagrama de Flujo General (Nivel 1)

A continuación se presentan los diagramas de nivel que detallan cada uno de los procesos del diagrama general del Sistema (Figura 3.2 - 3.6).



Figura 3.2. Diagrama de Nivel 2. Generar Pozo Modelo.



Figura 3.3 Diagrama de Nivel 2. Suavizar Datos.

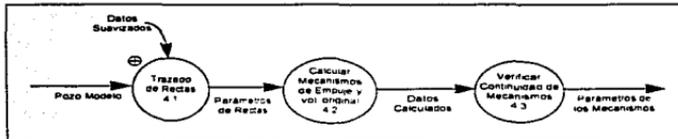


Figura 3.4. Diagrama de Nivel 2 Identificar Mecanismos de Empuje

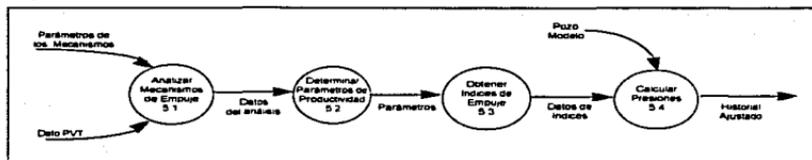


Figura 3.5. Diagrama de Nivel 2. Ajustar Histórico

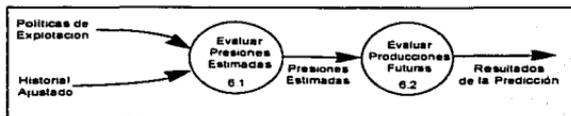


Figura 3.6. Diagrama de Nivel 2. Predecir.

A continuación se presentan las tablas de descripción de procesos, entidades y flujo de datos del diagrama general así como de los diagramas de nivel dos.

### Descripción de procesos.

Descripción de Procesos del Diagrama General	
Nombre del Proceso	Descripción del Proceso
1. Registro de datos.	Procedimiento mediante el cual se provee al sistema de la información necesaria para su funcionamiento.
2. Generar pozo modelo.	Proceso mediante el cual se genera el pozo modelo a partir de los datos del historial de producción del yacimiento.
3. Suavizar datos.	Proceso que permite sintetizar, delinear y conformar el comportamiento gráfico de una manera regular a los datos del historial de producción con la finalidad de presentar visualmente el comportamiento de estos datos como una función más uniforme y con ello identificar la localización de tendencias más rápidamente.

Tabla 3.1 Descripción de Procesos del Diagrama General. Continúa

Descripción de Procesos del Diagrama General	
Nombre del Proceso	Descripción del Proceso
4. Identificar mecanismos de empuje.	Cálculo de los mecanismos de empuje y volumen original a través de un procedimiento interactivo del trazado de líneas rectas (basado en los conceptos teóricos de Meza) sobre la gráfica de producción acumulada vs presión.
5. Ajustar historial.	Determinar la representación teórica del comportamiento del historial de producción a partir de los mecanismos de empuje.
6. Predecir historial.	Determinación teórica en condiciones extrapoladas (en tiempo) de la producción del yacimiento.

Tabla 3.1 Descripción de Procesos del Diagrama General Continuation

Descripción del Proceso: Generar Pozo Modelo	
Nombre del Proceso	Descripción del Proceso
2.1 Identificar pozo modelo a generar.	Identificación del tipo de proceso a aplicar para la generación del pozo modelo
2.2 Generar Pozo Modelo	Proceso en el cual se genera el promedio del historial de producción a partir de los $n$ pozos que constituyen al yacimiento, si el indicador es por pozo o en base a la información del yacimiento, en intervalos de tiempo uniformes.

Tabla 3.2 Descripción de Procesos Nivel 2 (Generar Pozo Modelo)

Descripción del Proceso: Suavizar Datos	
Nombre del Proceso	Descripción del Proceso
3.1 Identificar suavizamiento.	Identifica el método de suavizamiento a aplicar sobre los datos. Métodos a aplicar: spline, promedios ponderados o alguna función de ajuste.
3.2 Aplicar suavizamiento.	Aplicar el método de suavizamiento seleccionado sobre los datos.

Tabla 3.3 Descripción de Procesos Nivel 2 (Suavizar Datos)

Descripción del Proceso: Identificar Mecanismos de Empuje	
Nombre del Proceso	Descripción del Proceso
4.1 Trazado de rectas.	Proceso interactivo del trazado de líneas de las siguientes maneras. a) Ajuste manual: Dibujo de una línea recta b) Ajuste aplicando regresión: Selección de los puntos que serán aplicados en la regresión para trazar la línea correspondiente

Tabla 3.4 Descripción de Procesos Nivel 2 (Identificar Mecanismos de Empuje) Continua

<b>Descripción del Proceso: Identificar Mecanismos de Empuje</b>	
<i>Nombre del Proceso</i>	<i>Descripción del Proceso</i>
4.2 Calcular mecanismos de empuje y volumen original.	Determinar a partir de los parámetros de la recta (pendiente y ordenada) la identificación de mecanismos de empuje y el cálculo del volumen original.
4.3 Verificar continuidad de mecanismos.	Verificar que la historia de producción quede completamente cubierta por los mecanismos de empuje.

Tabla 3.4 Descripción de Procesos Nivel 2 (Identificar Mecanismos de Empuje). Continuación

<b>Descripción del Proceso: Ajustar Historial</b>	
<i>Nombre del Proceso</i>	<i>Descripción del Proceso</i>
5.1 Analizar mecanismos de empuje.	Procedimiento para determinar bajo las condiciones variantes de mecanismos de empuje la aplicación de cada uno de ellos en el rango de presión respecto al tiempo dentro del cual está situado cada punto observado.
5.2 Determinar parámetros de productividad.	Determinación de los parámetros de productividad ejercidos por los mecanismos de empuje a los diferentes tiempos de explotación.
5.3 Obtener índices de empuje.	Evaluación de las relaciones de mecanismos de empuje parciales al total de los actuantes en el yacimiento.
5.4 Calcular presiones.	Procedimiento para estimar en forma interpolada las presiones a nivel de yacimiento a los diferentes tiempos de explotación.

Tabla 3.5 Descripción de Procesos Nivel 2 (Ajustar Historial)

<b>Descripción del Proceso: Predecir</b>	
<i>Nombre del Proceso</i>	<i>Descripción del Proceso</i>
6.1 Evaluar presiones estimadas.	Determinar la magnitud de las presiones del yacimiento a los diferentes tiempos de predicción proporcionados en los datos de explotación.
6.2 Evaluar producciones futuras.	Cuantificar la producción generada a partir de los datos de explotación previstos con el objetivo de evaluar las producciones acumuladas futuras.

Tabla 3.6 Descripción de Procesos Nivel 2 (Predecir)

**Descripción de las entidades del Diagrama de Flujo de Datos**

Descripción de Entidades	
Nombre de la Entidad	Descripción de la Entidad
Banco de Datos o Archivo de Datos	Información técnica de los datos PVT, estructurales y del historial de producción del yacimiento.
Reportes	Resultado de la predicción (Objetivo del sistema).

Tabla 3.7 Descripción de Entidades

**Descripción de flujos de datos.**

Flujo de datos general		
Flujo de datos	Descripción	Elementos del flujo de datos
Datos de entrada.	Flujo de información que alimenta al sistema.	<p><b>Datos generales:</b> nombre del yacimiento, campo, distrito, región, fecha inicial de explotación, dependencia, título del estudio, fecha del estudio, responsable del estudio, tipo de captura del historial de producción.</p> <p><b>Datos PVT:</b> Factor del volumen del aceite inicial y saturado, compresibilidad del aceite y el agua, densidad relativa del gas y del aceite producido, presión de saturación.</p> <p><b>Datos característicos:</b> presión inicial del yacimiento, temperatura, nivel de referencia, saturación de agua inicial, porosidad, cima inferior del yacimiento, base superior del yacimiento, salinidad del agua congénita.</p> <p><b>Datos estructurales:</b> cima y base de cada pozo.</p> <p><b>Políticas de Explotación:</b> Fecha de predicción, intervalo de tiempo, nombre, fecha de explotación inicial y producción inicial de los pozos dados de alta, fecha de baja de los pozos.</p> <p><b>Historial de Producción:</b> Gasto, presión y fecha de lectura de los mismos, a nivel de pozo o a nivel de yacimiento, número de pozos.</p> <p><b>Identificador de proceso.</b></p>

Tabla 3.8 Descripción de Flujo de Datos General Continua

Flujo de datos general		
<i>Flujo de datos</i>	<i>Descripción</i>	<i>Elementos del flujo de</i>
Historia de producción, Identificador de Proceso.	Flujo de datos constituido por los datos del historial de producción y el identificador de proceso, el cual permite establecer la manera en que han de prepararse los datos para la generación del pozo modelo.	Historia de producción. Identificador de proceso.
Pozo modelo	Son los datos a partir de los cuales será hecha la simulación.	Gastos, presiones y tiempos calculados.
Datos suavizados.	Flujo de datos (pozo modelo) alterados por el método de suavizamiento aplicado.	Gastos, presiones y tiempos suavizados.
Parámetros de los mecanismos.	Datos de interés para la aplicación del modelo matemático calculados a partir de los mecanismos de empuje identificados.	Volumen original, pendientes, ordenadas y mecanismos de empuje.
Dato PVT	Dato de interés tomado de la información PVT del yacimiento.	Presión de saturación.
Historial ajustado	Datos comparativos emanados de la simulación contra los datos reales.	Tiempos, presiones y producciones ajustadas.
Datos PVT, estructurales y políticas.	Flujo de datos constituido por tres grupos de datos: datos PVT del yacimiento, datos estructurales y datos de las políticas de explotación.	Datos estructurales, datos PVT y políticas de explotación.
Datos de la predicción.	Historial de producción con valores en un periodo de tiempo futuro.	Tiempos y presiones estimadas.

Tabla 3 8 Descripción de Flujo de Datos General Continuarion

Flujo de datos: Generar Pozo Modelo		
<i>Flujo de datos</i>	<i>Descripción</i>	<i>Elementos del flujo de</i>
Historial de Producción por pozo o yacimiento	Datos del Historial de Producción en base a los cuales na de generarse el pozo modelo	Historial de producción.
Indicador por Pozo / Yacimiento	Indicador que define si los datos del historial de producción a considerar en el proceso son a nivel de pozo o de yacimiento.	Indicador de proceso.
Pozo modelo	Flujo de datos a partir de los cuales a de llevarse a cabo la simulación. Dichos datos están uniformizados y sintetizados en el tiempo.	Tiempo, producción acumulada y presión.

Tabla 3 9 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Generar Pozo Modelo)

Flujo de datos: Suavizar Datos		
<i>Flujo de datos</i>	<i>Descripción</i>	<i>Elementos del flujo de datos</i>
Identificador	Dato que indica que método de suavizamiento se tendrá que aplicar	Spine cúbico o promedios ponderados o función de ajuste

Tabla 3.10 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Suavizar Datos)

Flujo de datos: Identificar Mecanismos de Empuje		
<i>Flujo de datos</i>	<i>Descripción</i>	<i>Elementos del flujo de datos</i>
Parámetros de rectas.	Parámetro de cada una de las rectas trazadas	Pendientes, ordenadas.
Datos calculados.	Información de mecanismos y volumen calculado.	Mecanismos de empuje, volumen original.

Tabla 3.11 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Identificar Mecanismos de Empuje)

Flujo de datos: Ajustar Históric		
<i>Flujo de datos</i>	<i>Descripción</i>	<i>Elementos del flujo de datos</i>
Datos del análisis.	Datos técnicos	Mecanismos de empuje, presiones límite, expansión de gas, entrada de agua y volumen original
Parámetros.	Datos técnicos.	Productividad instantánea lineal y productividad instantánea por mecanismo.
Datos de índices.	Datos técnicos.	Índice de empuje total e índice instantáneo de empuje.

Tabla 3.12 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Ajustar Históric)

Flujo de datos: Predecir		
<i>Flujo de datos</i>	<i>Descripción</i>	<i>Elementos del flujo de datos</i>
Presiones Estimadas	Datos técnicos estimados.	Presiones
Resultados de la Predicción	Datos técnicos estimados.	Presiones, Producciones

Tabla 3.13 Descripción de Flujo de Datos Nivel 2 (Predecir)

## Diccionario de Datos

El diccionario de datos (Tabla 3.14) esta constituido por los datos técnicos que formarán parte del sistema, excluyendo aquellos datos que por su nombre quedan definidos, como el nombre del yacimiento, las fechas, etc.

<i>Dato</i>	<i>Unidades</i>	<i>Rango</i>
Gasto	BPD	(0, 100000)
Presión	Kg/ cm <sup>2</sup>	(0, 2000)
Producción acumulada	BLS	> 0
Cima inferior	mts.	(0, 9000)
Base superior	mts.	(0, 9000)
Temperatura	°C	(0, 500)
Nivel de referencia	mts.	(0, 9000)
Saturación de agua inicial	Adimensional	(0, 1)
Porosidad	Adimensional	(0, 1)
Salinidad del agua congénita	PPM	> 0
Factor del volumen del aceite	m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup>	> 1
Compresibilidad	1/PSI	(10 <sup>-3</sup> , 0.001)
Densidad relativa del gas	Adimensional (Aire = 1)	(0, 2)
Densidad relativa del aceite	Adimensional (Agua = 1)	(0, 2)
Pendiente	BLS/ Kgcm <sup>2</sup>	Sin rango
Ordenada	BLS	> 0
Volumen original	BLS	> 0
Mecanismos de empuje	BLS/ ΔKgcm <sup>2</sup>	Sin rango
Expansión de gas	BLS	≥ 0
Presiones límite	Kg/ cm <sup>2</sup>	0- Presión máx.
Entrada de agua	BLS	≥ 0
Volumen original	BLS	> 0
Productividad instantánea	BLS/ΔKgcm <sup>2</sup>	≠ 0
Indices de productividad	Adimensional	0 - 1

Tabla 3.14 Diccionario de Datos

Definición de algunas unidades:

BPD	Barriles por Día	PSI	Lbs/plg <sup>2</sup>
BLS	Barriles = 159 Lts.	ΔKgcm <sup>2</sup>	Caída de presión
PPM	Partes por millón		



### 3.2.3. Componentes Alternos del Sistema.

Las características de este tipo de desarrollo de sistemas técnicos obliga a integrar diversos componentes de software y hardware que tienen como finalidad el generar un producto más completo en términos comerciales. Los elementos básicos de estos componentes son el contar con un procedimiento de instalación, sistemas de ayudas en línea, tanto técnicos como del uso del sistema.

El sistema a desarrollar en el presente trabajo deberá contar con estos elementos. Sin embargo, no representan ni requieren un análisis detallado en el entorno del desarrollo del sistema, por lo tanto, simplemente se definirán algunas características importantes.

*Procedimiento de instalación:* Se debe elaborar un procedimiento estándar de instalación para plataformas Windows 3.1 en adelante.

*Sistema de ayudas:* Se debe integrar conceptos técnicos relacionados con la temática del sistema, complementado con las ayudas para el funcionamiento del mismo incorporadas en cada uno de los diálogos.

Como complemento final se deberá realizar una guía de usuario con las características de ser conciso, entendible y práctico de leer.

### 3.3. Diseño.

En la actualidad el desarrollo de sistemas técnicos obliga al uso de ambientes de desarrollo capaces de realizar cálculos matemáticos complejos y con un alto rango de precisión. Uno de los lenguajes que cuenta con librerías de apoyo de este tipo es C; lenguaje base de desarrollo en el área.

Por lo que, la aplicación a realizar será generada con la herramienta Borland C++ Ver. 4.51 para Windows, haciendo uso de las facilidades incorporadas al utilizar OWL (Librería de clases que permite manejar técnicamente modelos matemáticos y las correspondientes interfaces con el usuario).

En el desarrollo también se utilizarán herramientas de apoyo que faciliten la elaboración del sistema (herramientas con que cuenta el área). Se presenta una lista de ellas en la Tabla 3.15, y en el Apéndice A se muestran algunas de las características principales de estos productos.

<i>Herramienta</i>	<i>Descripción</i>
Quinn Curtis	Para el manejo y representación de gráficas.
Q + E	Para el manejo y conexión a una base de datos.
Spread	Para el uso de tablas de captura y despliegue de información tabular.
TabPro	Para la organización y presentación de la información por medio de folders.
Kit Sentinel Super Pro	Para generar las llaves de seguridad al sistema.
Install Shell	Para generar la instalación de la aplicación.
Compilador de ayudas	Para generar las ayudas en línea del sistema.
Borland	

Tabla 3.15 Herramientas de Apoyo

La aplicación será desarrollada para trabajar en equipo PC con procesador 486 o superior bajo ambiente Windows 3.1 o superior, en la modalidad de 16 bits.

Por otra parte, el desarrollo del sistema se deberá llevar a cabo con la integración de los siguientes elementos característicos.

- Deberá contar con una ventana de menú principal.
- Deberán elaborarse todos los diálogos que requiera el sistema.
- El sistema deberá contar con la opción de grabar la información a disco en un archivo binario y/o a una base de datos. El almacenamiento de la información a través de un archivo binario o una base de datos puede ser realizada en cualquier momento. Es decir, se grabará la información contenida en memoria no importando los procesos que se hayan realizado. La información que se grabara estará en función de las estructuras que contengan información, ya que cada una de las partes de las mismas será conformada con lo que se genere en los diferentes procesos. Una vez que exista información almacenada en un archivo binario o la base de datos, podrá ser cargada por el sistema para su actualización o para consultas de estudios realizados

- Deberá contener un sistema de ayudas a nivel general como opción del menú y a nivel de cada diálogo.
- El sistema deberá tener la capacidad de realizar un estudio de simulación por yacimiento.
- Deberán generarse el o los discos de instalación del sistema.

El diseño visual del sistema estará representado por los siguientes diálogos, los cuales enmarcan los procesos definidos en el diagrama de flujo de datos general, así como las funciones complementarias del sistema:

- **Ventana Principal.** La cual contiene el menú del sistema.
- **Diálogos de Registro de Datos.** Se contará con tres diálogos de captura para representar el proceso 1 (Registro de datos).
  - Diálogo de Captura de Datos del yacimiento.
  - Diálogo de Producción por pozo.
  - Diálogo de Producción por yacimiento.

Los diálogos de producción por pozo y por yacimiento tendrán el proceso de generación del pozo modelo (proceso 2) incorporado.

- **Diálogo de Suavizamiento.** Diálogo bajo el cual ha de generarse el proceso de suavizamiento de datos (proceso 3).
- **Diálogo de Mecanismos de Empuje.** Diálogo representativo para el proceso de identificación de los mecanismos de empuje (proceso 4).
- **Diálogo de Ajuste del Historial.** Diálogo que permite representar el comportamiento teórico ajustado del yacimiento (proceso 5).
- **Diálogo de Predicción.** Diálogo que permite representar la extrapolación de la producción del yacimiento al aplicar el modelo (proceso 6).
- **Diálogo de Reporte Gráfico.** Diálogo que permite representar de forma gráfica y con fines de reporte, las diferentes gráficas con que contará el sistema.

### 3.3.1. Diseño de la Estructura de Datos.

La estructura de datos estará conformada por los datos presentados en el diagrama de flujo general (Figura 3.1):

Datos de entrada.

Datos del pozo modelo.

Datos generados del suavizamiento aplicado.

Datos emanados del proceso de identificación de mecanismos de empuje.

Datos generados por el ajuste del historial de producción.

Datos calculados en el proceso de predicción.

Deberán considerarse las siguientes especificaciones para el almacenamiento de la información:

- Para el manejo de los datos de entrada se sugiere el uso de estructuras para cada juego de datos (PVT, característicos, etc.).
- Para los datos del historial de producción tanto a nivel de pozo como de yacimiento deberá guardarse el número de registros con que cuenta cada uno de ellos.
- Se podrán realizar hasta un máximo de tres trazados de líneas para la identificación de los mecanismos de empuje (Esto obedece a las hipótesis planteadas por Meza). Para cada línea trazada se obtiene un conjunto de datos (m, b, X1, Y1, X2, Y2 y mecanismo de empuje) cuyo manejo será a través de una estructura de tres elementos. Obteniendo así lo siguiente:

Estructura de identificación de mecanismos de empuje:

Arreglo de 3 elementos para representar: pendientes, ordenadas, mecanismos de empuje, puntos iniciales y finales de las líneas trazadas.

Para lo cual deberá tenerse una variable que lleve el índice de la línea sobre la que se trabaja.

- Se podrán efectuar hasta tres estudios para la identificación de mecanismos de empuje y con ello aceptar la que mejor convenga. De acuerdo a esto, se puede hacer uso de un vector de tres elementos, en el que en cada elemento se conserve la información de cada estudio. Resultando así lo siguiente:

- Manejo de una estructura para el control de la información del proceso de identificación de mecanismos de empuje como un vector de tres elementos.
- Utilizar una variable de control para identificar el estudio en el que se trabaja.

### 3.3.2. Estructura del Archivo Binario.

La estructura del archivo binario estará conformada por la estructura de datos antes mencionada, así como de los datos de control que se consideren necesarios para el funcionamiento del sistema. En la figura 3.8 se muestra de manera esquemática la estructura definida para el archivo.

Dado que en un archivo binario es importante saber la magnitud del dato que se esta almacenando, deberá guardarse en aquellos datos donde sea necesario la cantidad de elementos que serán almacenados, por ejemplo el número de registro de historial de producción que se tiene para cada pozo.

Datos de control		Datos generales		Datos PVT	Datos Característicos		Políticas de Explotación
Número de pozos	Datos del pozo (Nombre, Fecha de baja y Datos Estructurales)			Número de registros de cada pozo		Historial de Producción de cada pozo	
Número de registros del yacimiento		Historial de Producción del Yacimiento		Número de registros del pozo modelo		Datos del pozo Modelo	
Número de registros del suavizamiento		Datos del Suavizamiento		Estructura de los Mecanismos de empuje		Número de registros del ajuste	
Datos del ajuste		Número de registros de la Predicción			Datos de la predicción		

Figura 3.8 Estructura del Archivo Binario

Dentro del primer bloque deberán colocarse todas aquellas variables definidas por el programador que considere necesario almacenar para el funcionamiento del sistema.

## 3.3.3. Diseño de la Base de Datos.

A continuación se define la estructura de cada una de las tablas que conformaran la base de datos (Tablas 3.16 - 3.25), donde el campo que tenga a la izq. un asterisco (\*) indicará que es el campo llave de la tabla y dos asteriscos (\*\*) indicaran que es una llave foránea.

Tabla: Yacimiento					
Descripción: Entidad Yacimiento					
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longit	Dominio	
* Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z	
Región	Region	Char	14	A - Z, a - z, -, /	
Distrito	Distrito	Char	16	A - Z, a - z	
Dependencia	Depend	Char	40	A - Z, a - z	
Campo	Campo	Char	40	A - Z, a - z	
Fecha inicial de explotación	FecIniExp	Date	10	dd/mm/aaaa	
Título del estudio	Titulo	Char	80		
Responsable del estudio	Respons	Char	40	A - Z, a - z	
Fecha del estudio	FecEstu	Date	10	dd/mm/aaaa	
Fecha de predicción	FecPred	Date	10	dd/mm/aaaa	
Intervalo de tiempo	Intervalo	Integer		0 - 4	
Presión inicial del yacimiento	PiniYac	Float		99999.999	
Temperatura	Tempe	Float		99999.999	
Nivel de referencia	NiveRef	Float		99999.999	
Saturación de agua inicial	SatAguaIni	Float		99999.999	
Porosidad	Porosidad	Float		99999.999	
Cima inferior del yacimiento	CimaYac	Float		99999.999	
Base superior del yacimiento	BaseYac	Float		99999.999	
Salinidad del agua congénita	Salinidad	Float		99999.999	
Factor de volumen de aceite inicial	FAceIni	Float		99999.999	
Factor de volumen de aceite saturado	FAceSat	Float		99999.999	
Compresibilidad del aceite	CompAceite	Float		99999.999	
Compresibilidad del agua	CompAgua	Float		99999.999	
Densidad relativa del gas	DenGas	Float		99999.999	
Densidad relativa del aceite	DenAceite	Float		99999.999	
Presión de saturación	PresSat	Float		99999.999	

Tabla 3.16 Estructura de la tabla de Yacimiento

Tabla: Políticas				
Descripción: Entidad Políticas de Explotación				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Pozo de alta	PozoAlta	Char	6	9999-&
Fecha de alta	FecAlta	Date	10	dd/mm/aaaa
Producción inicial	ProducAlta	Float		99999.999
Fecha de baja	FecBaja	Date	10	dd/mm/aaaa

Tabla 3 17 Estructura de la tabla de Políticas

Tabla: HistProdYaci				
Descripción: Entidad Historial de Producción por Yacimiento				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Fecha	Fecha	Date	10	dd/mm/aaaa
Gasto	Gasto	Float		99999.999
Presión	Presion	Float		99999.999

Tabla 3 18 Estructura de la tabla de HistProdYaci

Tabla: DatosPozo				
Descripción: Entidad Datos del Pozo				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Nombre del pozo	NomPozo	Char	6	9999-&
Fecha de baja	FecBaja	Date	10	dd/mm/aaaa
Cima interior del pozo	CimaPozo	Float		99999.999
Base superior del pozo	BasePozo	Float		99999.999

Tabla 3 19 Estructura de la tabla de DatosPozo

Tabla: HistProdPozo				
Descripción: Entidad Historial de Producción por Pozo				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Nombre del Pozo	NomPozo	Char	6	9999-8
Fecha	Fecha	Date	10	dd/mm/aaaa
Gasto	Gasto	Float		99999.999
Producción acumulada	ProdAcum	Float		99999.999
Presión	Presion	Float		99999.999

Tabla 3 20 Estructura de la tabla de HistProdPozo

Tabla: PozoModelo				
Descripción: Entidad Pozo Modelo				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Tiempo	Tiempo	Long		
Producción acumulada	ProdAcum	Float		99999.999
Presión	Presion	Float		99999.999

Tabla 3 21 Estructura de la tabla de PozoModelo

Tabla: Predicción				
Descripción: Entidad Datos de Predicción				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Tiempo	Tiempo	Long		
Producción acumulada	ProdAcum	Float		99999.999
Presión	Presion	Float		99999.999

Tabla 3 22 Estructura de la tabla de Predicción

Tabla: Suavizamiento				
Descripción: Entidad Suavizamiento				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Tiempo	Tiempo	Long		
Producción acumulada	ProdAcum	Float		99999.999
Presión	Presion	Float		99999.999

Tabla 3 23 Estructura de la tabla de Suavizamiento

Tabla: Ajuste				
Descripción: Entidad Ajuste del Historial de Producción				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Tiempo	Tiempo	Long		
Producción acumulada	ProdAcum	Float		99999.999
Presión	Presion	Float		99999.999

Tabla 3 24 Estructura de la tabla de Ajuste.

Tabla: MecEmpuje				
Descripción: Entidad Mecanismos de Empuje				
Atributo	Mnemónico	Tipo	Longitud	Dominio
** Nombre del yacimiento	NomYaci	Char	25	A - Z, a - z
Pendiente	Pendiente	Float		99999.999
Ordenada	Ordenada	Float		99999.999
Mecanismo de empuje	Mecanismo	Char	30	A - Z, a - z
Volumen Original	VolOriginal	Float		99999.999

Tabla 3 25 Estructura de la tabla de MecEmpuje.

### 3.3.4. Diseño de Interfaz de Usuario.

A continuación se describen los elementos constitutivos de cada uno de los diálogos anteriormente descritos, y su correspondiente diseño.

#### Menú (Ventana Principal).

El sistema estará conformado por cinco opciones de menú principal:

- **Datos.** Menú que permite el manejo de la información del sistema por medio de las siguientes opciones:
  - **Nuevo.** Permite dar de alta un nuevo yacimiento y prepara al sistema para la captura de la información del mismo.
  - **Editor.** Permite entrar a los diálogos correspondientes de edición de datos de la información del yacimiento.

- **Salvar.** Opción de grabado en un archivo binario de la información del yacimiento.
  - **Salvar Como...** Permite grabar en un archivo binario específico la información del yacimiento.
  - **Cargar.** Opción que permite cargar a memoria la información contenida en un archivo binario.
  - **Transferir.** Opción que permite grabar la información del yacimiento en la base de datos.
  - **Recuperar.** Permite el acceso y conexión a la base de datos que contiene la información de los yacimientos.
  - **Salir.** Opción que permite terminar la sesión con la aplicación y retornar a Windows.
- **Procesos.** Menú que permite entrar a los diálogos donde se llevan a cabo los procesos pertinentes para la generación de la simulación.
    - **Mecanismos.** Permite entrar al diálogo donde se lleva a cabo la identificación de los mecanismos de empuje.
    - **Ajuste.** Permite consultar el ajuste realizado al historial del yacimiento en estudio.
    - **Predicción.** Permite consultar la última predicción realizada al yacimiento en estudio.
  - **Ayudas.** Menú auxiliar que despliega la ayuda sobre el manejo del sistema y los conceptos técnicos en él involucrados.

Deberá integrarse una barra de herramientas para el acceso rápido a las siguientes opciones de menú:



Datos/Nuevo



Datos/Editar



Datos/Cargar



Datos/Salvar



Datos/Accesar



Datos/Transferir



Proceso/Suavizamiento



Proceso/Mecanismos



Proceso/Ajuste



Proceso/Predicción



Ayuda

Como Background del diálogo aparecerá



La ventana principal del sistema se muestra en la figura 3.9.

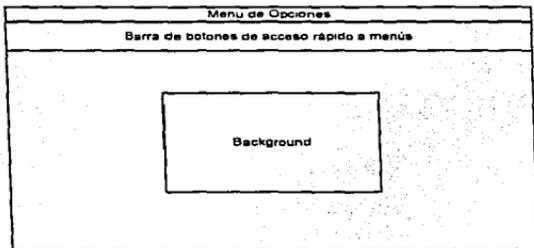


Figura 3.9. Diseño de la Ventana Principal.

### Controles básicos y eventos para los diálogos

En las siguientes tablas se listan los controles necesarios para la generación de los diálogos, y en forma anexa a cada tabla, se presenta el diseño del mismo y la tabla de eventos que en él tendrán lugar. La ubicación y tamaño de los controles pertenecientes a cada diálogo será como se muestra en el diseño de los mismos.

## Diálogo de Datos

En la tabla 3.26 se listan los controles del diálogo de datos, la figura 3.10 muestra el diseño del mismo y en la tabla 3.27 se describen los eventos que tienen lugar para el manejo del diálogo.

Control	Diálogo de Captura de Datos Descripción
1 Tab	<p>Con cinco pestañas que contengan la siguiente información:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Datos Generales del yacimiento:           <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nombre del yacimiento (Campo de caracteres editable).</li> <li>▪ Campo (Campo de caracteres editable).</li> <li>▪ Dependencia (Campo de caracteres editable).</li> <li>▪ Región (ComboBox para la selección de la misma).</li> <li>▪ Distrito(ComboBox para la selección del mismo).</li> <li>▪ Fecha Inicial de explotación (Campo editable tipo fecha).</li> <li>▪ Título del estudio (Campo de caracteres editable).</li> <li>▪ Responsable (Campo de caracteres editable).</li> <li>▪ Fecha de Estudio (Campo editable tipo fecha).</li> <li>▪ Opción de captura Por Pozo (CheckBox), que al estar activado indica que la captura del historial será a nivel de pozo, en caso contrario a nivel de yacimiento</li> </ul> </li> <li>2) Datos Característicos: Base superior, Cima Inferior, Porosidad, Temperatura, Presión inicial, Nivel de Referencia, Saturación de Agua Inicial y Salinidad de Agua Congénita.</li> <li>3) Datos PVT: Factor de volumen de aceite inicial, Factor de volumen de aceite saturado, Densidad relativa del aceite producido, Presión de Saturación, Compresibilidad del aceite, Compresibilidad del agua y Densidad relativa del gas.</li> <li>4) Estructurales: Base superior y Cima Inferior de los pozos.</li> <li>5) Políticas de Explotación: Fecha de predicción (Campo editable tipo fecha), Intervalo de tiempo, Tabla de 10 renglones de captura para dar de alta pozos con los siguientes datos: Nombre del pozo, Fecha de Alta y Producción.</li> </ol> <p>Los datos Característicos y PVT son de tipo flotante con 3 decimales. Deberá mostrarse para cada uno de ellos tanto el nombre del dato, como las unidades en que son leídas.</p>

Tabla 3.26 Controles del Diálogo de Datos Continúa.

Diálogo de Captura de Datos	
Control	Descripción
1 Tabla	La tabla será del tamaño aproximado al cuerpo del Tab y el formato de la misma será cargado a través de archivos spreadsheet. Por cada pestaña habrá un archivo diferente que contenga la información antes mencionada según sea el caso.
4 Botones	Tres botones para el manejo del diálogo los cuales tengan como texto: OK, CANCEL y HELP, colocados en la parte inferior del diálogo.  Un botón que tenga el siguiente texto "Producción" que permita pasar a un segundo diálogo de captura para el registro del historial de producción.

Tabla 3.26. Controles del Diálogo de Datos. Continuación

Información General	Datos Característicos	Datos PVT
Yacimiento:	<input type="text"/>	Región <input type="button" value="v"/>
Campo:	<input type="text"/>	Distrito <input type="button" value="v"/>
Dependencia:	<input type="text"/>	Fecha Inicia de Explotación: <input type="text"/>
Título del Estudio:	<input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Captura Por Pozo
Responsable:	<input type="text"/>	
Fecha del Estudio:	<input type="text"/>	
<input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Ayuda"/>		<input type="button" value="Producción"/>

Figura 3.10 Diseño del Diálogo de Datos

Eventos para el diálogo de Datos		
Evento	Control	Descripción
Click	Botón Aceptar	Guardar cambios realizados en el diálogo. Retornar a la pantalla principal.
	Botón Cancelar	Descartar cambios realizados en el diálogo. Retornar a la pantalla principal
	Botón Ayuda	Presentar ayuda sobre el manejo del diálogo en cuestión.
	Botón Producción	Si el nombre del yacimiento y la fecha inicial de explotación tienen información Si el CheckBox esta seleccionado Presentar dialogo de captura del historial de producción a nivel de pozo En caso contrario Presentar dialogo de captura del historial de producción a nivel de yacimiento. En caso contrario Desplegar mensaje que indique la falta de esa información.
	Carpeta (TAB)	Guardar cambios de la pestaña anterior. Presentar la información correspondiente a la pestaña seleccionada.

Tabla 3.27 Eventos del Diálogo de Datos

### Diálogo de Producción por Pozo

En la tabla 3.28 se listan los controles del diálogo de datos, la figura 3.11 muestra el diseño del mismo y en la tabla 3.29 se describen los eventos que tienen lugar para el manejo del diálogo.

Diálogo de Captura de Información por Pozo	
Control	Descripción
2 Etiquetas	Una etiqueta colocada en el extremo superior izquierdo que lleve como texto "Nombre del Pozo".
	Una etiqueta colocada en el extremo superior derecho que tenga como texto "Tipo de Gráfica".
2 ComboBox	Uno que despliegue las siguientes opciones de graficación: "Gasto Vs Periodo de Tiempo", " Producción Acumulada Vs Periodo de Tiempo", " Presión Vs Periodo de Tiempo" y "Tres

Tabla 3.28 Controles del Diálogo de Producción por Pozo Continúa

Diálogo de Captura de Información por Pozo	
Control	Descripción
	<p>Vs Periodo de Tiempo". El combo no debe ser editable. Estará deshabilitado en caso de que no haya al menos dos registros capturados en la tabla.</p> <p>Un ComboBox colocado bajo la etiqueta que dice "Nombre del Pozo" el cual tendrá como elementos el nombre de los pozos que constituyen al yacimiento en estudio. la información de la tabla deberá estar relacionada con el pozo que se muestre en este combo. El último elemento del combo será "Nuevo Pozo" opción que al ser seleccionada permitirá dar de alta un nuevo pozo.</p>
11 Botones	<p>Tres botones para el manejo de la tabla, colocados en la parte inferior de la misma con los textos: "Clipboard", "Imprimir" e "Importar".</p> <p>Dos botones para el manejo de la gráfica colocados en la parte inferior de la misma con los textos: "Graficar" y "Reporte".</p> <p>Dos botones que tengan como texto: "Borrar" y "Editar", deberán estar colocados al lado derecho del combo de nombre del pozo en la parte superior de la tabla.</p> <p>Un botón con el título "Pozo Modelo ". Boton que permite la generación del pozo modelo a partir del cual a de llevarse el estudio de la simulación del yacimiento.</p> <p>Tres botones para el manejo del diálogo los cuales tengan como texto: OK.CANCEL y HELP, colocados en la parte inferior del diálogo</p>
1 Gráfica	Colocado a la derecha del diálogo, de tamaño aproximado a la mitad del mismo en ancho, no editable, con escala lineal en ambos ejes y grid mayor punteado. Desplegara la gráfica correspondiente al tipo de gráfica seleccionado en el ComboBox de acuerdo con los datos de la tabla.
1 Tabla	Con cinco columnas. La 1er. Columna deberá ser de tipo fecha y como encabezado deberá tener "Fecha de Captura", esta columna no será editable a menos de ser activada una opción de un menú flotante que lo permita, el contenido de la columna sera generado desde programa. La 2a. columna no sera editable, y solo desplegara un caracter que indique el tipo de captura que esta activo : Diario "D", Mensual "M", Trimestral "T", Semestral "S" y Anual "A". La 3er. Columna y la 5a. serán de tipo flotante con tres decimales, servirán para la captura del "Gasto" y "Presion" del yacimiento respectivamente y la 4a columna (no editable) desplegara la "Producción Acumulada", la cual será generada desde programa, en base a la fecha y al gasto (ver ALG1 de algoritmos principales). La tabla contendra 10 renglones en forma inicial con las celdas en modo no editable, estas irán siendo editables (celdas de las columnas 3 y 4) conforme se vaya capturando la información de gasto y presion, habilitando solo el siguiente renglon con su correspondiente fecha

Tabla 3 28 Controles del Dialogo de Produccion por Pozo Continuation

Nombre del Pozo		Tipo de Gráfica	
0126-L	Editor Pozo	Borrar Pozo	Gasto Vs Tiempo
Tabla		Gráfica	
Clipboard	Imprimir	Importar	Gráfico
Aceptar		Cancelar	Ayuda

Figura 3.11. Diseño del Diálogo de Producción por Pozo

Eventos para el Diálogo de Producción por Pozo		
Evento	Control	Descripción
Click	Botón Aceptar	Guardar los cambios realizados en el diálogo. Retornar al diálogo anterior (Datos).
	Botón Cancelar	Descartar los cambios realizados en el diálogo. Retornar al diálogo anterior (Datos).
	Botón Ayuda	Presentar ayuda sobre el manejo del diálogo en cuestión.
	Botón Portapapeles	Enviar la información contenida en la tabla al portapapeles.
	Botón Imprimir	Enviar a impresión la información contenida en la tabla.
	Botón Importar	Presentar diálogo de selección de archivo ("binario") Si el archivo es válido Preguntar si la información será sobrescrita o añadida a la tabla. Si la respuesta es sobrescribir Borrar la información de la tabla. Cargar la información contenida del archivo a la tabla. En caso contrario Desplegar mensaje de error.
	Botón Reporte	Presentar el diálogo de reporte con la gráfica actual con fines de mayor presentación e impresión.

Tabla 3.29. Eventos del Diálogo de Producción por Pozo. Continúa

Eventos para el Diálogo de Producción por Pozo		
Evento	Control	Descripción
	Botón Graficar	<p>Identificar el tipo de gráfica seleccionado en el ComboBox que indica el tipo de gráfica, para establecer las columnas que serán graficadas si la selección es:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodo Vs Gasto, las columnas son la de fecha (columna 1) y la de gasto (columna 3).</li> <li>• Periodo Vs Producción Acumulada, las columnas son la de fecha (columna 1) y la de Producción acumulada (columna 4).</li> <li>• Periodo Vs Presión, las columnas son la de fecha (columna 1) y la de Presión (columna 5).</li> <li>• Periodo Vs Todas, se graficarán las tres gráficas anteriores desplegando en la mitad superior la gráfica de presión y en la otra mitad la de gasto y producción acumulada.</li> </ul>
	Botón Editar	<p>Presentar el nombre y la fecha inicial de explotación del pozo actual para su edición.</p> <p>Si el nombre del pozo se modifica</p> <p style="padding-left: 40px;">Verificar que no exista otro pozo con el mismo nombre.</p> <p>Si la fecha es modificada</p> <p style="padding-left: 40px;">Enviar mensaje de que será borrada la información de la tabla.</p> <p style="padding-left: 40px;">En caso afirmativo</p> <p style="padding-left: 40px;">Limpiar la información de la tabla y de la gráfica.</p> <p style="padding-left: 40px;">Preparar la tabla para captura.</p>
	Botón Borrar	<p>Borra el pozo actualmente seleccionado.</p> <p>Borra la información de la tabla de ese pozo.</p> <p>Presentar en la tabla la información de otro pozo.</p> <p>Actualizar la gráfica con los datos de la tabla.</p>
	Botón Pozo Modelo	<p>Verificar que exista al menos un pozo que tenga una fecha inicial de explotación igual a la fecha inicial de explotación del yacimiento.</p> <p>Si existe</p> <p style="padding-left: 40px;">Generar el Pozo Modelo. Ver (ALG2) de algoritmos principales.</p> <p>En caso contrario</p> <p style="padding-left: 40px;">Desplegar mensaje de que no se puede generar el pozo modelo.</p>

Tabla 3.29 Eventos del Diálogo de Producción por Pozo. Continúa.

Eventos para el Diálogo de Producción por Pozo		
Evento	Control	Descripción
Closeup	Combo Tipo de Gráfica.	Si la selección de la gráfica cambio Producir la función del evento Click_Graficar.
	Combo Nombre del Pozo	Si la selección del pozo cambio Guardar la información (los registros) del pozo antes seleccionado. Si la opción seleccionada es la última ("Nuevo Pozo") Presentar diálogo de captura del nombre y fecha inicial de explotación del nuevo pozo a dar de alta. Incorpora el nombre del nuevo pozo al ComboBox. Limpiar la tabla y la gráfica. Preparar la tabla para la captura de la información del nuevo pozo.  En caso contrario Limpiar la tabla y la gráfica. Presentar la información en la tabla del pozo que fue seleccionado.  Actualiza la gráfica con la nueva información.
Change Cell	Tabla	Si la celda modificada fue de la columna 1 ("Fecha") Verificar que la fecha sea correcta. Si es correcta Calcular la "Producción Acumulada" (columna 4) a partir de esa celda hasta la última que contenga información.  Si la celda modificada fue de la columna 3 ("Gasto") Calcular la "Producción Acumulada" (columna 4) a partir de esa celda hasta el último renglón de información.  Si la celda modificada es la del último registro, generar la siguiente "fecha" de captura de información (columna 1)
RigthClick	Tabla	Presentar un menú flotante con opciones para el manejo de la tabla las cuales son : <b>Borra Todo</b> Eliminar toda la información de la tabla, dejando solo el primer renglón con su correspondiente fecha listo para iniciar la captura. Limpiar la gráfica. Habilitar del menú flotante la opción de deshacer.

Tabla 3.29. Eventos del Diálogo de Producción por Pozo. Continúa

Eventos para el Diálogo de Producción por Pozo		
Evento	Control	Descripción
RightClick	Tabla	<p><b>Borra Registro.</b>  Eliminar el registro en cuestión.  Actualizar la gráfica.  Activar la opción deshacer del menú flotante.</p> <p><b>Deshacer.</b>  Opción que estará habilitada solo si se realizó un acción de borrado, permite recuperar la información borrada ya sea por la opción de borra todo o borra un registro.  Actualiza la gráfica.  Deshabilita la opción deshacer.</p> <p><b>Editar Fecha.</b>  Preparar celda de fecha correspondiente para su edición.</p> <p><b>Diaria.</b>  Indicar que el historial de producción será capturado diariamente.</p> <p><b>Mensual.</b>  Indicar que el historial de producción será capturado mensualmente.</p> <p><b>Trimestral.</b>  Indicar que el historial de producción será capturado trimestralmente.</p> <p><b>Semestral.</b>  Indicar que el historial de producción será capturado semestralmente.</p> <p><b>Anual.</b>  Indicar que el historial de producción será capturado anualmente.</p>

Tabla 3 29 Eventos del Diálogo de Producción por Pozo Continúa.

### Diálogo de Producción por Yacimiento

En la tabla 3.30 se listan los controles del diálogo de datos, la figura 3.12 muestra el diseño del mismo y en la tabla 3.31 se describen los eventos que tienen lugar para el manejo del diálogo.

Diálogo de Captura de Información por Yacimiento	
Control	Descripción
3 Etiquetas	Una etiqueta colocada en el extremo superior izquierdo que lleve como texto "Yacimiento". Una etiqueta colocada en seguida de la etiqueta anterior, donde deberá desplegarse el nombre del yacimiento en estudio (este dato proviene del diálogo de Datos). Una etiqueta colocada en el extremo superior derecho que tenga como texto "Tipo de Gráfica".
8 Botones	Tres botones para el manejo de la tabla, colocados en la parte inferior de la misma con los textos: "ClipBoard", "Imprimir" y "Importar". Dos botones para el manejo de la gráfica colocados en la parte inferior de la misma con los textos: "Graficar" y "Reporte". Tres botones para el manejo del diálogo los cuales tengan como texto: OK, CANCEL y HELP, colocados en la parte inferior del diálogo.
1 ComboBox	Que despliegue las siguientes opciones de graficación: "Gasto Vs Periodo de Tiempo", "Presión Vs Periodo de Tiempo" y "Dos Vs Periodo de Tiempo". El combo no debe ser editable. Estará deshabilitado en caso de que no haya al menos dos registros capturados en la tabla.
1 Gráfica	Colocado a la derecha del diálogo, de tamaño aproximado a la mitad del mismo en ancho, no editable, con escala lineal en ambos ejes y grid mayor punteado. Desplegara la gráfica correspondiente al tipo de gráfica seleccionado en el combobox de acuerdo con los datos de la tabla.
1 Tabla	Con cinco columnas. La 1er. Columna deberá ser de tipo fecha y como encabezado deberá tener "Fecha de Captura", esta columna no será editable a menos de ser activada una opción de un menú flotante que lo permita, el contenido de la columna será generado desde programa. La 2a. columna no será editable, y solo desplegara un carácter que indique el tipo de captura que esta activo: Diario "D", Mensual "M", Trimestral "T", Semestral "S" y Anual "A". La 3er. Columna y la 5a. serán de tipo flotante con tres decimales, servirán para la captura del "Gasto" y "Presión" del yacimiento respectivamente. En la columna 4 (no editable) se deberá desplegar la "Producción Acumulada" (Ver ALG1 de Algoritmos Principales) La tabla contendrá 10 rengiones en forma inicial con las celdas en modo no editable, estas irán siendo editables (celdas de las columnas 3 y 4) conforme se vaya capturando la información de gasto y presión, habilitando solo el siguiente rengion con su correspondiente fecha.

Tabla 3 30 Controles del Diálogo de Producción por Yacimiento

Figura 3.12. Diseño del Diálogo de Producción por Yacimiento.

Eventos para el diálogo de Información por Yacimiento		
Evento	Control	Descripción
Click	Botón Aceptar	Guardar los cambios realizados en la tabla. Retornar al diálogo anterior (Datos).
	Botón Cancelar	Descartar los cambios realizados en el diálogo. Retornar al diálogo anterior (Datos).
	Botón Ayuda	Presentar ayuda sobre el manejo del diálogo en cuestión.
	Botón Impprimir	Enviar a impresión la información contenida en la tabla.
	Botón Portapapeles	Enviar la información contenida en la tabla al portapapeles.
	Botón Importar	Presentar diálogo de selección de archivo ("binario") Si el archivo es válido Preguntar si la información será sobrescrita o añadida a la tabla Si la respuesta es sobrescribir Borrar la información de la tabla. Cargar la información contenida del archivo a la tabla. En caso contrario Desplegar mensaje de error.
	Botón Reporte	Presentar diálogo de reporte(gráfico) con la gráfica actual en el diálogo, con fines de presentación e impresión.

Tabla 3.31. Eventos del Diálogo de Producción por Yacimiento. Continúa...

Eventos para el diálogo de Información por Yacimiento		
Evento	Control	Descripción
Click	Botón Graficar	<p>Identificar el tipo de gráfica seleccionado en el ComboBox que indica el tipo de gráfica, para establecer las columnas que serán graficadas.</p> <p>Si la selección es:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodo Vs Gasto, las columnas son la de fecha (columna 1) y la de gasto (columna 3).</li> <li>• Periodo Vs Producción Acumulada, las columnas son la de fecha (columna 1) y la de Producción acumulada (columna 4).</li> <li>• Periodo Vs Presión, las columnas son la de fecha (columna 1) y la de Presión (columna 5).</li> <li>• Periodo Vs Todas, se graficarán las tres gráficas anteriores desplegando en la mitad superior la gráfica de presión y en la otra mitad la de gasto y producción acumulada.</li> </ul>
Closeup	Combo de Tipo de Gráfica.	<p>Si la selección de la gráfica cambio</p> <p>Producir la función del evento Click_Graficar.</p>
Change Cell	Tabla	<p>Si la celda modificada fue de la columna 1 ("Fecha")</p> <p>Verificar que la fecha sea correcta.</p> <p>Si es correcta</p> <p>Calcular la "Producción Acumulada" (columna 4) a partir de esa celda hasta la última que contenga información.</p> <p>Si la celda modificada fue de la columna 3 ("Gasto")</p> <p>Calcular la "Producción Acumulada" (columna 4) a partir de esa celda hasta el último renglón de información.</p> <p>Si la celda modificada es la del último registro, generar la siguiente "fecha" de captura de información (columna 1)</p>
RigthClick	Tabla	<p>Presentar un menú flotante con opciones para el manejo de la tabla las cuales son:</p> <p><b>Borra Todo.</b></p> <p>Eliminar toda la información de la tabla, dejando solo el primer renglón con su correspondiente fecha listo para iniciar la captura.</p> <p>Limpia la gráfica</p> <p>Habilitar del menú flotante la opción de deshacer.</p>

Tabla 3.31. Eventos del Diálogo de Producción por Yacimiento Continúa

Eventos para el diálogo de información por Yacimiento		
Evento	Control	Descripción
RigthClick	Tabla	<p><b>Borra Registro.</b>            Eliminar el registro en cuestión.            Actualizar la gráfica.            Activar la opción deshacer del menú flotante.</p> <p><b>Deshacer.</b>            Opción que estará habilitada sólo si se realizó una acción de borrado. Permite recuperar la información borrada ya sea por la opción de borra todo o borra un registro.            Actualiza la gráfica.            Deshabilita la opción deshacer.</p> <p><b>Editar Fecha.</b>            Preparar celda de fecha correspondiente para su edición.</p>

Tabla 3.31. Eventos del Diálogo de Producción por Yacimiento. Continuación.

### Diálogo de Suavizamiento

En la tabla 3.32 se listan los controles del diálogo de datos, la figura 3.13 muestra el diseño del mismo y en la tabla 3.33 se describen los eventos que tienen lugar para el manejo del diálogo.

Diálogo: Suavizamiento	
Control	Descripción
1 Tabla	Contiene 4 columnas, las dos primeras serán utilizadas para desplegar los valores de tiempo y presión alimentados a éste proceso y las otras dos columnas desplegarán el tiempo y presión emanados del cálculo de suavizamiento aplicado. La tabla debe ser sólo de lectura, no debe ser editable.
1 Grupo de 3 radio botones	Cada radio botón se refiere a una opción del método de suavizamiento que puede ser aplicado (Promedios Móviles, Spline Cúbico y Función de Ajuste). El encabezado de este grupo debe tener como texto "Tipo de Suavizamiento".
1 Combo box	Contendrá la lista de las funciones de ajuste que pueden ser aplicadas al seleccionar el radio botón de Función de Ajuste. Para el caso de no ser seleccionado el radio botón el combo debe permanecer deshabilitado.
1 Caja de edición	Despliega el número que indica el número de pivotes considerados en la selección del método de suavizamiento por Promedios Móviles. No debe ser editable.

Tabla 3.32. Controles del Diálogo de Suavizamiento. Continúa...

<b>Diálogo: Suavizamiento</b>	
<i>Control</i>	<i>Descripción</i>
1 Spin	Utilizado para incrementar o decrementar el valor mostrado en la caja de edición. El control debe aceptar como valor mínimo 3 y como máximo 7.
1 Check box	Como texto debe llevar "Mostrar sólo un suavizamiento". Si la caja se encuentra seleccionada sólo se presentará gráficamente el último suavizamiento aplicado, en caso contrario podrán desplegarse hasta un máximo de 3.
1 Gráfica	Es una gráfica semi-logarítmica en el eje de las abscisas que representa la producción acumulada. El eje de las ordenadas representa la presión.
1 Lista	Utilizada para desplegar el método de suavizamiento aplicado. Para el caso de que el check box no sea seleccionado se desplegarán hasta un máximo de 3 quedando seleccionado el último método aplicado.
7 Botones	Su texto y función será como se indica a continuación: <b>Aplicar:</b> Aplicar el método de suavizamiento seleccionado. <b>Limpiar:</b> Elimina la información y función de suavizamientos aplicados. <b>Reporte del ajuste:</b> Presentar diálogo para dar formato de la gráfica e imprimirla. <b>Reporte de la Tabla:</b> Mandar a impresión la información de la tabla. <b>Aceptar:</b> Aceptar la información del suavizamiento aplicado. <b>Cancelar:</b> Cancelar cambios realizados. <b>Ayuda:</b> Presentar información de apoyo sobre el manejo del diálogo.

Tabla 3.32 Controles del Diálogo de Suavizamiento. Continuación.

El diagrama muestra el diseño de un diálogo de suavizamiento con los siguientes elementos:

- Datos del Yacimiento:** Incluye un área principal etiquetada como "Tabla" y un panel de botones con "Reporte de Tabla", "Aplicar", "Limpiar" y "Reporte de Ajuste".
- Gráfica:** Un área grande destinada a mostrar una gráfica semi-logarítmica.
- Lista:** Una lista desplegable ubicada en la parte inferior derecha del diálogo.
- Grupo de RadioBotones:** Contiene un control "Spin" y un control "ComoBox".
- Botones de Acción:** "Aceptar", "Cancelar" y "Ayuda", precedidos por un checkbox "Mostrar solo un suavizamiento".

Figura 3.13 Diseño del Diálogo de Suavizamiento

Eventos para el diálogo de Suavizamiento		
Evento	Control	Descripción
Click	Botón Aplicar	Identificar el algoritmo seleccionado y aplicarlo sobre los datos Presentar datos suavizados en la tabla Generar archivo para presentar los datos suavizados en la gráfica Desplegar en la gráfica los datos suavizados Desplegar en la lista el nombre del suavizamiento aplicado
	Botón Limpiar	Eliminar los datos suavizados presentados en la tabla Eliminar archivos de datos suavizados Desplegar gráfica con los datos a suavizar
	Botón Reporte (Gráfica)	Presentar diálogo que contenga la gráfica para establecer formato e imprimirla
	Botón Reporte (Tabla)	Enviar la información de la tabla a impresora
	Check box	Checkado: Indica que sólo debe presentar un sólo suavizamiento a la vez No checkado: Indica que pueden presentarse hasta tres suavizamientos
	Botón Aceptar	Almacenar datos del suavizamiento aplicado para cálculos posteriores.
	Botón Cancelar	Descartar cambios realizados.
	Botón Ayuda	Presentar ayuda sobre el manejo del diálogo.

Tabla 3.33 Eventos del Diálogo de Suavizamiento

### Diálogo de Mecanismos de Empuje

En la tabla 3.34 se listan los controles del diálogo de datos, la figura 3.14 muestra el diseño del mismo y en la tabla 3.35 se describen los eventos que tienen lugar para el manejo del diálogo.

<b>Diálogo: Identificación de Mecanismos de Empuje</b>	
<b>Control</b>	<b>Descripción</b>
<b>2 Tablas</b>	<p>1 Tabla constituida por 3 columnas: dos columnas utilizadas para desplegar la producción acumulada y la presión; y una columna para indicar la selección o no de ese punto. Las dos columnas utilizadas para desplegar la información serán de sólo lectura, es decir, no podrán ser editadas.</p> <p>1 Tabla conformada por 3 columnas para contener la información de la pendiente, la ordenada y el mecanismo de empuje correspondientes a cada una de las líneas trazadas. Las columnas que representan a la pendiente y la ordenada podrán ser editadas mientras que la de mecanismo de empuje debe ser sólo de lectura.</p>
<b>2 Radio botones</b>	1 Radio botón utilizado para representar que el trazado de la tendencia será realizado de forma manual y el otro será utilizado para indicar que la línea a trazar será usando el método de regresión.
<b>4 Etiquetas</b>	<p>1 Etiqueta colocada como encabezado de la tabla 1 que lleve como texto "Pozo Representativo"</p> <p>1 Etiqueta colocada como encabezado de la tabla 2 que lleve como texto "Tendencias Lineales"</p> <p>1 Etiqueta utilizada para desplegar el volumen original calculado. Ver ALG4 en Algoritmos Principales.</p> <p>1 Etiqueta colocada en la parte inferior de la gráfica para desplegar las coordenadas de la posición del puntero sobre la gráfica</p>
<b>1 Gráfica</b>	Es una gráfica semi-logarítmica en el eje de las abscisas que representa los valores de la producción acumulada. El eje de las ordenadas representa a la presión estática
<b>7 Botones</b>	<p>El texto y función correspondiente es como se indica a continuación:</p> <p><i>Extrapolar:</i> Botón para realizar la continuidad de las líneas trazadas.</p> <p><i>Ajustar:</i> Realizar el ajuste y mostrar en un diálogo los resultados. Ver ALG5 en Algoritmos Principales.</p> <p><i>Predicción:</i> Efectuar predicción y mostrar en un diálogo los resultados. Ver ALG8 en Algoritmos Principales.</p> <p><i>Reporte:</i> Presenta diálogo para dar formato de la gráfica e imprimir.</p> <p><i>Aceptar:</i> Aceptar información realizada al historial de producción.</p> <p><i>Cancelar:</i> Descartar cambios realizados.</p> <p><i>Ayuda:</i> Presentar información de apoyo sobre el manejo del diálogo.</p>

Tabla 3.34 Controles del Diálogo de Mecanismos de Empuje

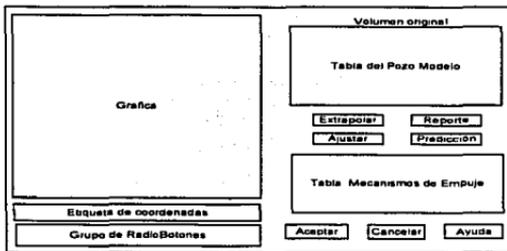


Figura 3.14 Diseño del Diálogo de Mecanismos de Empuje

Eventos para el diálogo de Identificación de los Mecanismos de Empuje		
Evento	Control	Descripción
EvLButtonDown (Presión del botón izquierdo del mouse)	Mouse	<p>Si el mouse se encuentra sobre el área de trazado de la gráfica entonces Verificar si el trazado es para dibujar línea o ampliar la gráfica</p> <p>Si se va a dibujar línea</p> <p>Identificar si el ajuste es manual o por regresión</p> <p>Preparar para realizar el trazado (dibujar una línea para el caso de un ajuste manual o dibujar un cuadrado para un ajuste por regresión)</p> <p>Si se va a ampliar la gráfica</p> <p>Preparar para trazar un cuadro elástico que será usado para seleccionar el área a ampliar</p> <p>NOTA: Sólo pueden realizarse hasta un máximo de 3 líneas por ajuste.</p>
EvRButtonDown (Presión del botón izquierdo del mouse)	Mouse	<p>Presentar un menú flotante (MenuPopup) con las opciones siguientes:</p> <p><b>Nuevo Ajuste:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Limpiar tabla que contiene los valores de las tendencias trazadas</li> <li>Eliminar archivos de los datos de las tendencias trazadas</li> <li>Deshabilitar controles correspondientes</li> <li>Generar gráfica con los datos del pozo representativo</li> </ul> <p>NOTA: Disponible esta opción si existen menos de tres ajustes realizados</p>

Tabla 3.35 Eventos del Diálogo de Mecanismos de Empuje Continúa

SALIR DE LA BIBLIOTECA

Eventos para el diálogo de identificación de los Mecanismos de Empuje		
<i>Evento</i>	<i>Control</i>	<i>Descripción</i>
EvRButtonDown (Presión del botón izquierdo del mouse)	Mouse	<p><b>Borrar Ajuste:</b> Eliminar información del ajuste actual desplegada en el diálogo Presentar información del primer ajuste realizado NOTA: Esta opción esta disponible si existe más de un ajuste</p> <p><b>Ajuste Anterior:</b> Presentar en el diálogo la información de ajuste anterior NOTA: Opción disponible si existe más de un ajuste y no se está presentando en el diálogo el primer ajuste</p> <p><b>Siguiente Ajuste:</b> Presentar en el dialogo la información del ajuste siguiente NOTA: Opción disponible si existe más de un ajuste y no se está presentando el último ajuste</p> <p><b>Amplificar Gráfica:</b> Prepara para indicar sobre la gráfica el área a amplificar NOTA: Solo se amplificará en un solo nivel</p> <p><b>Gráfica Completa:</b> Mostrar gráfica presentando todos los puntos del pozo representativo con las correspondientes líneas trazadas NOTA: Disponible esta opción para el caso de estar en estado de amplificación</p>
EvMouseMove	Mouse	<p>Si el mouse está preparado para realizar ajuste o establecer área para amplificar</p> <p>Dibujar cuadro o línea elástica</p> <p>Desplegar coordenadas por donde se está desplazando el mouse correspondientes a las coordenadas de la gráfica</p> <p>Si el mouse no está en estado de trazado</p> <p>Si el mouse se encuentra sobre la gráfica Desplegar coordenadas correspondientes al punto señalado en la gráfica</p> <p>Si el mouse no se encuentra sobre la gráfica Limpiar el texto que despliega coordenadas</p>

Tabla 3.35 Eventos del Diálogo de Mecanismos de Empuje Continúa

Eventos para el diálogo de identificación de los Mecanismos de Empuje		
Evento	Control	Descripción
EvLButtonUp	Mouse	<p>Si se está en estado de trazado</p> <p>Obtener puntos iniciales y finales del trazado</p> <p>Si se está en estado de amplificar gráfica</p> <p>Generar archivo que contenga los puntos del área seleccionada</p> <p>Graficar puntos seleccionados</p> <p>De lo contrario</p> <p>Si el trazado es ajuste manual entonces</p> <p>Calcular la pendiente, la ordenada y el mecanismo de empuje</p> <p>Si el trazado es ajuste por regresión entonces</p> <p>Tomar todos aquellos puntos que se encuentren dentro del área seleccionada y que además su correspondiente valor de la columna 3 (puntos de selección) de la tabla de pozo representativo esté checada</p> <p>Aplicar algoritmo de regresión</p> <p>Guardar en archivo los puntos de la línea trazada</p>
Change	Tabla Pozo Modelo	<p>Si ha sido seleccionada o deseleccionada alguna celda de la tercer columna entonces</p> <p>Para cada línea trazada por el método de regresión realizada en el ajuste actual, aplicar el método de regresión nuevamente</p>
Change	Tabla Líneas	<p>Si el valor cambiado fue en la primer columna (pendiente) entonces</p> <p>Calcular la ordenada correspondiente</p> <p>Si el valor cambiado fue en la segunda columna (ordenada) entonces</p> <p>Calcular la pendiente correspondiente</p> <p>Calcular los puntos correspondientes de la línea modificada</p> <p>Desplegar ordenada o pendiente recalculada sobre la tabla</p> <p>Actualizar gráfica con la línea modificada</p>
RightClick	Tabla Pozo Modelo	<p>Presentar un menú flotante (MenuPopup) con las siguientes opciones:</p> <p><b>Datos del Pozo:</b></p> <p>Presentar diálogo que contiene la información correspondiente</p> <p><b>Datos del Yacimiento:</b></p> <p>Presentar diálogo con la información correspondiente</p> <p><b>Imprimir Tabla:</b></p> <p>La información contenida en la tabla es enviada a impresión</p>

Tabla 3.35 Eventos del Diálogo de Mecanismos de Empuje Continúa...

Eventos para el diálogo de identificación de los Mecanismos de Empuje		
Evento	Control	Descripción
RightClick	Tabla Lineas	<p>Desplegar un menú flotante (MenuPopup) con las siguientes opciones:</p> <p><i>Eliminar línea No_de_línea:</i>            Eliminar la información referente a la línea indicada por <i>No_de_línea</i>            (<i>No_de_línea</i> indica la línea activa en la tabla de líneas)</p> <p><i>Eliminar Todo:</i>            Elimina la información de todas las líneas trazadas en el ajuste actual            (Inicializa la gráfica y tabla de líneas)</p> <p><i>Deshacer:</i>            Deshace el último cambio realizado</p> <p><i>Imprimir:</i>            Envía a impresora la información contenida en esta tabla</p>
Click	Botón Extrapolar	<p>Para <math>Num = 1</math> hasta <math>Num &lt; \text{Número de líneas trazadas}</math> Hacer            Que el valor de <math>X_2</math> de la línea[Num] corresponda con la <math>X_1</math> de la            línea[Num+1] (línea siguiente)</p> <p>Hacer corresponder los valores de <math>X_1</math> de la primer línea trazada con el            mínimo valor en X de los puntos graficados</p> <p>Hacer corresponder el <math>X_2</math> de la última línea trazada con el máximo valor            en X de los puntos graficados</p> <p>Recalcular el valor de Y para las rectas que se modificó su valor en X</p>
	Botón Reporte	Presentar diálogo para establecer formato a la gráfica e imprimir
	Botón Aceptar	Almacena la información de los mecanismos mostrados en la pantalla (pendientes, ordenadas, mecanismos de empuje, etc.)
	Botón Cancelar	No considerar cambios realizados en el diálogo
	Botón Ayuda	Presentar información de ayuda sobre el manejo del diálogo

Tabla 3.35. Eventos del Diálogo de Mecanismos de Empuje. Continuación.

## Diálogo de Ajuste

En la tabla 3.36 se listan los controles del diálogo de datos, la figura 3.15 muestra el diseño del mismo y en la tabla 3.37 se describen los eventos que tienen lugar para el manejo del diálogo.

Diálogo: Ajuste	
Control	Descripción
1 Gráfica	Es una gráfica que representa el tiempo en el eje de las abscisas y las presiones en el eje de las ordenadas. Debe mostrar los datos generados por el pozo modelo (datos observados discretizados) y los datos generados del ajuste de éstos mismos. Su tamaño debe tener la mayor amplitud posible para una mejor observación de los resultados.
4 Botones	El texto y función correspondiente es como se indica a continuación: <i>Aceptar</i> : Almacena la información del ajuste mostrado en la pantalla. <i>Cancelar</i> : No almacena la información generada por el ajuste. <i>Reporte</i> : Presenta diálogo para dar formato de la gráfica e imprimir. <i>Ayuda</i> : Presentar información de apoyo sobre el manejo del diálogo.
1 Etiqueta	1 Etiqueta utilizada para desplegar el coeficiente de correlación calculado

Tabla 3.36 Controles del Diálogo de Ajuste

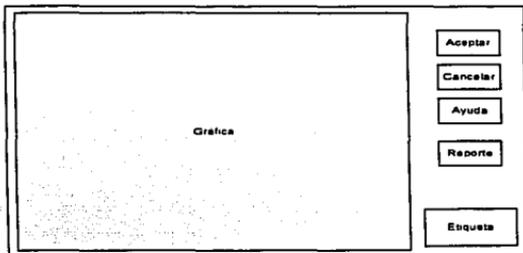


Figura 3.15 Diseño del Diálogo de Ajuste

Eventos para el diálogo de Ajuste		
Evento	Control	Descripción
Click	Botón Reporte	Presentar diálogo para establecer formato a la gráfica e imprimir
	Botón Aceptar	Almacena la información del Ajuste mostrado en la pantalla (presiones y producciones ajustadas) y cierra el diálogo.
	Botón Cancelar	No almacena el ajuste realizado y cierra el diálogo.
	Botón Ayuda	Presentar información de ayuda sobre el manejo del diálogo.

Tabla 3.37. Eventos del Diálogo de Ajuste

### Diálogo de Predicción

En la tabla 3.38 se listan los controles del diálogo de datos, la figura 3.16 muestra el diseño del mismo y en la tabla 3.39 se describen los eventos que tienen lugar para el manejo del diálogo.

Diálogo: Predicción	
Control	Descripción
1 Gráfica	Gráfica que representa el tiempo en el eje de las abscisas y las presiones y producciones en el eje de las ordenadas. Debe mostrar los datos generados por el ajuste (ajuste del historial de producción) y los datos generados por la predicción en éstos mismos.
3 Botones	El texto y función correspondiente es como se indica a continuación: <b>Aceptar:</b> Almacena la información de la predicción y cierra el diálogo. <b>Reporte:</b> Presenta diálogo para dar formato de la gráfica e imprimir. <b>Ayuda:</b> Presentar información de apoyo sobre el manejo del diálogo.

Tabla 3.38. Controles del Diálogo de la Predicción

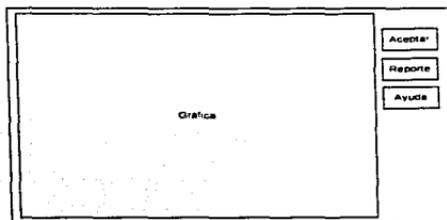


Figura 3.16. Diseño del Diálogo de la Predicción

Eventos para el diálogo de la Predicción		
Evento	Control	Descripción
Click	Botón Reporte	Presentar diálogo para establecer formato a la gráfica e imprimir
	Botón Aceptar	Almacena la información de los resultados de la predicción (presiones y producciones estimadas en un tiempo futuro) y cierra el diálogo.
	Botón Ayuda	Presentar información de ayuda sobre el manejo del diálogo

Tabla 3.39 Eventos del Diálogo de Predicción

### 3.3.4. Algoritmos Principales del Sistema MEYVO.

#### ALG1. Cálculo de la Producción Acumulada "Np"

- Datos requeridos :
  - Gastos de aceite  $q_i$ ,
  - Tiempos en que fueron medidos los gastos  $t_i$
- Condición inicial: La producción inicial para el primer tiempo registrado es igual a cero.
- Fórmula utilizada para el calculo de Np

$$N_p = \sum_{i=1}^m q_i \Delta \tau$$

donde :

$$\Delta \tau = t_i - t_{i-1}$$

m = total de tiempos registrados

**ALG2. Generación del Pozo Modelo a partir de "n" Pozos**

Deberá calcularse el Gasto QT, la Presión PS y la Producción Acumulada NP a intervalos de tiempo regulares en base a la información de todos los pozos que constituyen el yacimiento para lo cual se tiene :

- Datos requeridos :
  - $n$  = número de pozos.
  - $qt_i$  = gasto medido de aceite en cada pozo.
  - $ps_i$  = presión medida en cada pozo.
  - $t_i$  = tiempo en que fueron medidos los gastos y las presiones.
  - $\Delta t$  = Incremento de tiempo fijo.
- Condiciones :
  - Al menos debe existir un pozo que inicie con la fecha inicial de explotación del yacimiento
  - Los valores del pozo modelo serán calculados a partir de la fecha inicial de explotación del yacimiento hasta la última fecha para la cual existe información registrada.
  - El valor del gasto y presión de un pozo para un tiempo  $\Delta t$  para el cual no existe información (siempre y cuando se encuentre en el intervalo de explotación del mismo) será calculado como :
    - para el gasto  $qt_i = qt_{i-1}$
    - para la presión deberá utilizarse una función de interpolación para determinar su valor.
- Para cada incremento de tiempo deberán aplicarse las siguientes fórmulas para determinar el gasto y la presión del pozo modelo.

$$PS = \frac{\sum_{i=1}^n P_{si}}{n}$$

$$QT = \sum_{i=1}^n qt_i$$

- Una vez calculado el gasto deberá aplicarse la fórmula para calcular la producción acumulada :

$$NP = \sum_{t=1}^{tf} QTI \Delta t$$

donde :

tf Última fecha de explotación del yacimiento.

### **ALG3. Evaluación de los Mecanismos de Empuje.**

*Análisis de la primer pendiente:*

El mecanismo para esta pendiente será: "Expansión del Sistema Roca-Fluido".

*Análisis de la segunda pendiente:*

- a) Si  $P_{inter} \approx$  Presión de saturación  $+0.1 * \Delta H$  (con un rango de  $\pm 1.5$ ) entonces el mecanismo para esta pendiente es "Expansión de Gas"
- b) Si  $P_{inter} >$  Presión de saturación  $+0.1 * \Delta H$  (con un rango de  $\pm 1.5$ ) entonces el mecanismo para esta pendiente es "Entrada de Agua"
- c) Si  $P_{inter} <$  Presión de saturación  $+0.1 * \Delta H$  (con un rango de  $\pm 1.5$ ) entonces el mecanismo para esta pendiente es "Mecanismo Incierto" (se refiere a que los datos alimentados no cumplen con la hipótesis de estar en condiciones inicialmente bajasaturadas).

donde

- $P_{inter}$  Punto de intersección de la primera y segunda recta.
- $\Delta H$  Espesor del yacimiento considerando el pozo con la cima más alta del yacimiento.  
 $\Delta H = \text{Base} - \text{Cima}$ ,
- Cima, A nivel de pozo representa la cima con el valor más pequeño.
- Base, A nivel de pozo representa la base correspondiente a la cima más pequeña

**ALG4. Cálculo del Volumen Original.**

$$\text{Volumen Original} = \frac{m_1}{B_1 \cdot C_e}$$

donde

$m_1$  Pendiente de la primer recta

$B_1$  Ordenada de la primer recta

$C_e$  Compresibilidad efectiva

$$C_e = \frac{C_o S_o + C_w S_w + C_f}{S_o}$$

$S_o$  Saturación de aceite

$S_w$  Saturación del agua

$C_o$  Compresibilidad del aceite

$C_w$  Compresibilidad del agua

$C_f$  Compresibilidad de la formación

**ALG5. Proceso de Ajuste**

- Para cada tiempo de evaluación  $t$  detectar la recta correspondiente. ( $m_i$ ,  $b_i$ ) donde  $i$  es la recta a utilizar.
- Calcular valor de presiones ajustadas

$$P^* = P_i \cdot \text{Exp}(m_i \cdot N_p)$$

donde

$P^*$ : Presiones ajustadas

$P_i$ : Valor de la ordenada de la recta correspondiente al punto a evaluar

**ALG6. Proceso de Predicción.**

- Con la pendiente (m') y ordenada (b') obtenida de los puntos ajustados evaluar las presiones de predicción asignando tiempos futuros.

$$P_{\text{predicción}} = b' \text{Exp}(m' t)$$

- Con la pendiente (m) y ordenada (b) de la última recta trazada en Mecanismos de Empuje obtener para cada presión de predicción generada ( $P_{\text{predicción}}$ ), su correspondiente producción acumulada ( $N_{p_{\text{predicción}}}$ ) de la siguiente manera:

$$N_{p_{\text{predicción}}} = \frac{\log(P_{\text{predicción}}) - \log(b)}{m}$$

**3.4. Construcción.**

Haciendo referencia a la temática planteada sobre construcción en el capítulo dos, en el presente tema se aborda la forma y mecánica de como debe realizarse el desarrollo físico del sistema MEYVO. Se establece el conjunto de elementos constitutivos del sistema y las actividades que tendrán lugar para la construcción del mismo en base a lo establecido en el diseño, así como, las especificaciones que deberán considerarse para su implementación, que permitirán dar una idea cualitativa y cuantitativa de la magnitud del contenido tecnológico del trabajo a desarrollar. Una lista de las especificaciones se presenta a continuación, especificaciones que con oportunidad serán descritas en forma precisa en los siguientes subtemas:

**Especificaciones**

- La implementación del código en el desarrollo del sistema será realizado en el ámbito de trabajo del área de Ingeniería Informática.
- Se hará uso de clases y funciones desarrolladas por el personal del área, así como de las clases OWL.

- El diseño visual (controles de diálogos) se realizará a través de herramientas de apoyo como WorkShop y la Interfaz de Diseño del Spread para la construcción de tablas.
- Se utilizarán diversos controles tipo Visual Basic (.VBX) de terceros como: spread, tabpro y gauge, así como algunas librerías de enlace dinámico para el acceso a la base de datos Q+E, generación de reportes gráficos Quinn Curtis. Además se utilizara software adicional para generar la instalación del sistema Install Shell y la generación de ayudas (Lenguaje Scrip ).
- Se elaborará y transcribirá en formato hip para Windows 3.1 las ayudas correspondientes al tema, así como la transcripción de la guía de usuario.
- Se hará acopio de funciones matemáticas para su implementación en los procedimientos de ajuste como lo son : mínimos cuadrados, robusticidad y spline cúbicos, entre otros.

### 3.4.1. Plan de actividades

De acuerdo al diseño preestablecido y las actividades complementarias a realizar, el plan de actividades a seguir se muestra en la Tabla 3.40.

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Diálogo para el registro de datos del vacimiento							
Diálogo para registro del historial de producción a nivel de pozo							
Diálogo para el registro del historial de producción a nivel de vacimiento							
Función de generación del pozo modelo a nivel de vacimiento y a nivel de pozo							
Procedimientos de grabación y lectura de información a un archivo binario							
Procedimientos de conexión para la explotación a la base de datos							
Procedimientos de preparación de reportes tabulares							
Procedimiento de ajuste del historial de producción							

Tabla 3.40 Plan de Actividades Continua

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Diálogo de identificación de Mecanismos de Empuje							
• Módulo para el cálculo de los mecanismos de empuje	-	-					
• Procedimiento de trazado de líneas rectas con el Mouse	-	-	-				
• Procedimiento de trazado de líneas por el método de regresión			-	-			
Módulo de generación de gráficas	-	-	-	-	-	-	-
Procedimientos de cálculo							
Spline cúbico . Promedios ponderados y Funciones de ajuste			-	-	-		
Procedimiento de preparación de reportes gráficos				-	-		
Módulo de cálculo para la predicción de la producción						-	-
Pruebas de integración de los módulos						-	-
Elección y transcripción de la ayuda del sistema en hipertexto (Ayuda en línea)					-	-	-
Procedimiento para la generación de discos de instalación							-
Elaboración de la guía de usuario						-	-
		<p>————— Programador 1</p> <p>- - - - - Programador 2</p>					

Tabla 3.40. Plan de Actividades. Continuación.

Las actividades en la implementación de los diálogos puede ser desarrollada simultáneamente debido a dos factores: 1) la información que entra a cada uno de los diálogos puede simularse a través de archivos temporales, ofreciendo así la ventaja de probar los módulos de manera independiente sin tener que esperar a que otro diálogo este completamente terminado y 2) el desarrollo de las actividades será efectuado por dos elementos programadores (autoras del presente trabajo).

A continuación se listan las características y recomendaciones necesarias para la generación del código de algunos diálogos y/o actividades:

Diálogo para el registro del historial de producción a nivel de pozo.

- El formato de las fechas será dd/mm/aaaa.  
Donde dd = día, mm = mes y aaaa = año.
- Las fechas deberán ser consecutivas.
- El manejo de las fechas para hacer cálculos, será a través de su correspondiente en calendario juliano.
- El cambio de la fecha de captura deberá ser considerado, a partir de la última fecha registrada para la cual haya información. En caso de cambiar a mensual, trimestral o anual se deberá escoger entre tres opciones ya sea cada primero de mes, cada día quince o cada día último de mes.
- Las celdas de la columna de fecha solo podrán ser editables una a la vez y como una opción del menú flotante. La fecha modificada deberá ser válida (consecutiva y no repetida).
- La columna de producción acumulada no podrá ser editable en ningún caso.
- La tabla no permitirá la edición de todas las celdas, sólo de aquellas que ya tengan información. Es decir, permitirá editar los registros conforme vaya llenándose.
- Al registrar un nuevo pozo, este será añadido al final de la lista pero antes de la opción de nuevo pozo del combo.
- Un pozo no podrá ser considerado si no cuenta minimamente con dos registros de información.
- En caso de no haber pozos registrados, todos los controles del diálogo estarán deshabilitados, excepto el combo de nombre de pozo, el cual, sólo contará con la opción de nuevo pozo y los controles de cierre de diálogo y ayuda.

- Al editar el nombre de un pozo o al dar un nuevo pozo de alta deberá verificarse que no exista un pozo con el mismo nombre, y que la fecha inicial de explotación del mismo sea mayor o igual a la fecha inicial de explotación del yacimiento.
- Si es editada la fecha de explotación de un pozo que ya cuenta con información capturada esta se perderá y se preparará la tabla para la captura de información a partir de la nueva fecha.
- En la generación del pozo modelo se sugiere usar la función de interpolación *flagr()*, para obtener los valores de presión en los cuales no haya información. La función *flagr* tiene la siguiente forma:

```
float flagr(VEC_INTERP x, VEC_INTERP y, float xarg, unsigned char ideg, unsigned char npts)
```

donde:

**VEC\_INTERP** es un tipo definido como: `typedef<float> VEC_INTERP{500};`

**x:** Arreglo de los valores de la variable independiente.

**y::** Arreglo de los valores de la variable dependiente.

**Xarg:** El argumento para el cual el valor de interpolación es buscado.

**ideg:** Grado de interpolación polinomial (1 es lineal, 2 es cuadrática, etc).

**npts:** Número de puntos en x y y.

- La gráfica de gasto deberá presentarse en forma escalonada, por lo que la información registrada en una fecha será conservada en línea recta hasta el siguiente punto de graficación, como se muestra en la figura.3.17.

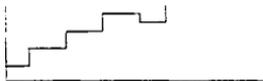


Figura 3.17. Gráfica de gasto

### Diálogo de Identificación de Mecanismos de Empuje.

- Se sugiere hacer uso del algoritmo desarrollado en el área para el procedimiento de trazado de líneas y cuadros denominado con el nombre de *Caja\_Ela*, para incorporarse a los procesos de: trazado de líneas rectas, selección del área para aplicar la regresión y la selección del área a ser ampliada. Para hacer uso de este procedimiento se debe de:
  - Agregar al proyecto los archivos de *caja.cpp* y *caja.h*
  - Crear un apuntador a esta clase
  - Hacer uso de las funciones:
 

<i>Activa()</i>	
<i>Inicio(X inicial, Y inicial)</i>	Establece el punto de inicio del trazado.
<i>Arrastre(X posición, Y posición)</i>	Dibuja la línea o cuadro elásticos desde el punto dado en la función Inicio hasta el punto dado en esta.
<i>Termina(X1,Y1,Y1,Y2)</i>	Retorna las coordenadas de inicio y fin de la línea o cuadro trazado.
<i>Desactiva()</i>	
  - Destruir el apuntador de esta clase.

### Diálogo de Suavizamiento

- Existe en el área una función que utiliza el método de Cholesky con el objetivo de calcular los coeficientes de una ecuación de grado "n". Dicha función tiene el nombre de *Cholesky* y será utilizada en el proceso de suavizamiento cuando éste es aplicado al seleccionar una de las funciones listadas. Para hacer uso de ella debe de conocerse lo siguiente:
  1. Trabaja con un vector llamado *MatA* en el cual debe almacenarse la matriz de coeficientes del sistema de ecuaciones (ver figura 3.18 ).



### Eligiendo el estilo de programación

Al utilizar una herramienta como Borland C++ para Windows, el uso de las clases y objetos va implícito, sin embargo las funciones añadidas para la aplicación serán desarrolladas en programación estructurada, teniendo de esta manera una programación híbrida. Esta decisión se tomó debido a que la programación orientada a objetos no ha sido aún la base de desarrollo en el área, además, por la falta de experiencia en su aplicación lo que podría retrasar el desarrollo.

### 3.4.2. Características y Recomendaciones para el Desarrollo del Sistema.

- El código ejecutable del sistema será en base a lo siguiente.
  - Aplicación para Windows 3.1 o superior en la modalidad de 16 bits.
  - Los recursos formaron parte del ejecutable
  - Al generar el ejecutable de la aplicación deberá apagarse la opción de rastreo (debugger).
  - Las librerías que serán parte del ejecutable (estáticas) son las del manejo de clases.
  - Las librerías dinámicas serán las del manejo para los controles VBX.
- El directorio de trabajo se definió como MEYVO.
- El diseño de las tablas contenidas en los diálogos se elabora a través de archivos independientes " .ss " (spreadshet), generados con la interfaz de diseño Spreed, los cuales se cargaran a las tablas correspondientes bajo la instrucción :  

Tabla -> LoadFile () = " Nombre del archivo.ss "
- El proyecto deberá generarse con "AppendExpert". El AppendExpert es una herramienta que permite crear de manera automática la ventana principal de la aplicación, generando el código mínimo indispensable para hacer la aplicación ejecutable e interacción con Windows.

- El diseño de los diálogos y los controles se realizará con la herramienta WorkShop usando controles tipo Borland.
- El código añadido a cada control o clase será a través de ClassExpert.
- El conjunto de librerías a utilizar serán las de OWL (Object Windows Library).
- El acceso a la base de datos será a través de funciones separadas con la finalidad de modularidad. A continuación se da una lista de ellas:
  - Función de conexión a la base.
  - En caso de lectura mostrar una lista de los yacimientos contenidos en la base para la selección de uno de ellos.
  - Cargar la información del yacimiento seleccionado a la estructura global del sistema.
  - Grabación de la información contenida en la estructura a la base de datos.
  - Cierre y desconexión a la base.
- El proceso de instalación deberá contener mínimamente:
  - Acceso a la solicitud de datos al usuario para la grabación de la llave de acceso.
  - Activación de la llave durante la instalación.
  - Organizar la instalación en directorios y subdirectorios.
  - Preparar carpeta que contenga los siguientes iconos: léeme, ayuda y el ejecutable de la aplicación.
  - Habilitación en los directorios apropiados para la conectividad a la base de datos.
- En cada diálogo se sugiere utilizar una estructura auxiliar, en la cual, se realice una copia de la información con la que se entra al diálogo, con la finalidad de que si el diálogo se cierra con la opción de cancelar, la información original pueda ser recuperada.
- El número máximo de pozos que puede contener un yacimiento es de 125.

### 3.4.3 Contenido de la Ayuda.

- Guía de usuario.
  - Instalación.
  - Manejo de los diálogos.
  - Soporte técnico.
- Manual técnico
  - Modelo planteado por Meza.
  - Hipótesis de la teoría.
  - Volumen Original.
  - Evaluación de Mecanismos de Empuje.
  - Glosario.

### 3.4.4. Observaciones de la construcción

- Debido a la cantidad de registros con que puede contar un yacimiento, los datos del mismo se almacenaron en arreglos dinámicos derivados de la clase TArray como se muestra a continuación:

`typedef TArray<string> Cadena`

Para el uso de cadenas como Fecha

`typedef TArray<string> Flotante`

Para almacenar el Gasto, Producción Acumulada y Presión de cada pozo, así como la información derivada de los procesos de: pozo modelo, ajuste, suavizamiento y predicción.

- Las estructuras manejadas para los datos y el funcionamiento del sistema se muestran a continuación (Tabla 3.41):

Estructura	Descripción
<pre> struct global {     Char fecha[11].     Char fecha1[11].     int mes;     int dia;     int year;     BOOL CualReporte;      char NuevoPozo[10].     char NuevaFecha[11].     BOOL DESCRIBE;      BOOL EDITA; }; </pre>	<p>Estructura auxiliar para el control del sistema y variables globales.</p> <p>Conserva la última fecha de captura del historial de producción Es una copia de la anterior. Guardan la fecha en forma separada</p> <p>Bandera que indica a partir de que código de graficación ( cpp ) se generara el reporte gráfico Guarda el nombre del pozo dado de alta. Guarda la fecha inicial de explotación del pozo dado de alta. Bandera que indica la forma en que sera cargada la información (historial de producción ) de un archivo a una tabla ( 0) sobrescrito y (1) añadido Bandera que indica si se edita los datos de un pozo o se da de alta uno nuevo, para definir la forma en que aparecerá el dialogo de nuevo pozo</p>
<pre> struct diacaptura {     BOOL radio[3].     BOOL ban;     int g; }; </pre>	<p>Estructura que guarda el estado de los controles del dialogo TIPO (Diálogo donde se define la fecha de captura)</p> <p>Guarda el estado de los controles de la clase tipo Bandera que indica si ya se acceso al menos una vez al diálogo Guarda el dia por el cual sera realizada la captura en caso de ser mensual, trimestral o semestral si g=1 dia primero de mes, g=15 mediados de mes ..o g=28, 30 o 31 ultimo de mes</p>
<pre> struct dilneas {     float x1[7], y1[7]     float x2[7], y2[7]     float m[7], b[7]     int: Llineas;     int TipoAjuste[7];     char Mecanismo[7][20]; }; </pre>	<p>Estructura que guarda la información del proceso de identificación de los mecanismo de empuje</p> <p>Guarda punto inicial y final de la recta</p> <p>Pendiente y ordenada de cada línea trazada Numero de líneas trazadas para el ajuste Identifica si el ajuste es manual o por regresión Almacena el mecanismo de empuje</p>

Tabla 3.41. Estructuras de datos Continúa

Estructura	Descripción
<pre> <b>struct politica</b> {     int Intervalo;     Char FecPred[11];     char NomAlta[10][8];     Char FecAlta[10][11];     float Producción[10];     Char FecBaja[NPOZOS][11]; }; </pre>	<p>Estructura de Políticas de Explotación.</p> <p>Indica el intervalo de tiempo en que será hecha la predicción.</p> <p>Fecha de predicción.</p> <p>Nombre del pozo dado de alta</p> <p>Fecha en que se dieron de alta los pozos.</p> <p>Producción de gasto del pozo.</p> <p>Fecha en que se dieron de baja los pozos</p>
<pre> <b>struct datos</b> {     Diacaptura TIPO .     BOOL TipoCaptura .     Char VecIn[10][30];      float VecPVT[15];      float VecCarac[15];      politicas PolExp .     Int NoPozos,     char Nombre[NPOZOS][15];     float VecCima[NPOZOS];     float VecBase [NPOZOS];     int NoRegs[NPOZOS];      int NoRegsYac.     int RegMod,     int RegSuav ;     int RegAjus,     int RegPred; </pre>	<p>Estructura Principal</p> <p>Estructura del tipo diacaptura</p> <p>Indica el tipo de captura activo (0) Por yacimiento y (1) por pozo</p> <p>Contiene la información general del yacimiento [0] Nombre del yacimiento, [1] Región, [2] Distrito, [3] Dependencia, [4] Campo [5] Fecha inicial de explotación, [6] Título del estudio, [7] Responsable del estudio, [8] Fecha del estudio</p> <p>Contiene los datos PVT del yacimiento [0]Factor de volumen del aceite inicial, [1] Factor de volumen del aceite saturado, [2] Compresibilidad del aceite, [3] Compresibilidad del agua, [4] Densidad relativa del gas, [5] Densidad relativa del aceite producido, [6]Presión de saturación</p> <p>Contiene los datos característicos del yacimiento [0]Presión inicial del yacimiento, [1]Temperatura, [2]Nivel de referencia, [3]Saturación de agua inicial, [4]Porosidad, [5]Cima inferior, [6]Base superior, [7]Salinidad del agua congénita</p> <p>Estructura del tipo política</p> <p>Número de pozos del yacimiento en estudio</p> <p>Nombre de cada pozo</p> <p>Contiene los valores del dato cima superior para cada uno de los pozos</p> <p>Contiene los valores del dato base inferior para cada uno de los pozos</p> <p>Número de registros de información (historial de producción) que existen para cada pozo</p> <p>Numero de registros a nivel de yacimiento</p> <p>Número de registros del pozo modelo</p> <p>Número de registros del suavizamiento</p> <p>Número de registros del ajuste</p> <p>Número de registros de la predicción</p>

Tabla 3.41. Estructuras de datos Continúa...

Estructura	Descripción
Int NoYacSuaves ; Int NoAjustes ; Dlineas DATOSL[3].  char FecIniE[11] ; char FecFinE[11]. );	Número de suavizamientos realizados Número de líneas trazadas en un ajuste. Número de ajustes en el proceso de identificación de mecanismos de empuje Fecha inicial de explotación del yacimiento Fecha final de explotación del yacimiento
cadena *FECHA[NPOZOS]. cadena *BFECHA[NPOZOS]. flotante *GASTO[NPOZOS]. flotante *PRODUCC[NPOZOS]. flotante *PRESION[NPOZOS] .	Estructuras de almacenamiento del historial de producción a nivel de pozo
cadena *FECHAYAC. cadena *BFECHAYAC. flotante *GASTOYAC. flotante *PRESIONYAC	Estructuras de almacenamiento del historial de producción a nivel de yacimiento
flotante *MTIEMPO . flotante *MPRODUC. flotante *MPRESION	Estructura para almacenar el historial de producción del pozo modelo
flotante *STIEMPO . flotante *SPRODUC. flotante *SPRESION .	Estructura para almacenar el historial de producción generado en el proceso de suavizamiento
flotante *ATIEMPO . flotante *APRODUC. flotante *APRESION .	Estructura para almacenar el historial de producción generado en el proceso de ajuste
flotante *PTIEMPO . flotante *PPRODUC. flotante *PPRESION ;	Estructura para almacenar el historial de producción generado en el proceso de predicción.

Tabla 3.41 Estructuras de datos. Continuación

- La estructura del archivo binario se muestra en la figura 3.19. Es importante recalcar que para la grabación del historial de producción a nivel de pozo y yacimiento, y los datos generados por los procesos de: pozo modelo, suavizamiento, ajuste y predicción se tiene un número de registros variable, por lo que el contenido de ellos será grabado en forma repetitiva (los bloques de datos divididos por una línea gruesa indican que son varios de estos registros). En

la parte inferior de cada cuadro se establece la cantidad de bytes que ocupara cada dato, en la mayoría de los casos se representa mediante una fórmula debido a que el tamaño de estos es variable.

<b>Estructura DATOS</b>	<b>FECHA</b> I = No. de Pozos $\sum_{i=1}^I n_i \cdot 11$ Bytes	<b>BFECHA</b> I = No. de Pozos $\sum_{i=1}^I n_i \cdot 2$ Bytes	<b>GASTO</b> I = No. de Pozos $\sum_{i=1}^I n_i \cdot 4$ Bytes	<b>PRODUCCION</b> I = No. de Pozos $\sum_{i=1}^I n_i \cdot 4$ Bytes
<b>PRESION</b> I = No. de Pozos $\sum_{i=1}^I n_i \cdot 4$ Bytes	<b>FECHAYAC</b> $nry \cdot 11$ Bytes		<b>BFECHAYAC</b> $nry \cdot 2$ Bytes	
<b>GASTOYAC</b> $nry \cdot 4$ Bytes	<b>PRESIONYAC</b> $nry \cdot 4$ Bytes		<b>MTIEMPO</b> $nrm \cdot 4$ Bytes	
<b>MPRODUCCION</b> $nrm \cdot 4$ Bytes	<b>MPRESION</b> $nrm \cdot 4$ Bytes		<b>STIEMPO</b> $nrs \cdot 4$ Bytes	
<b>SPRODUCCION</b> $nrs \cdot 4$ Bytes	<b>SPRESION</b> $nrs \cdot 4$ Bytes	<b>ATIEMPO</b> $nra \cdot 4$ Bytes		<b>APRODUCCION</b> $nra \cdot 4$ Bytes
<b>APRESION</b> $nra \cdot 4$ Bytes	<b>PTIEMPO</b> $nrp \cdot 4$ Bytes	<b>PPRODUCCION</b> $nrp \cdot 4$ Bytes	<b>PPRESION</b> $nrp \cdot 4$ Bytes	

Figura 3 19. Estructura del Archivo Binario

En el primer bloque de grabación del archivo (Estructura DATOS) se encuentra toda la información necesaria referente a los mecanismos de empuje y la cantidad de registros que se tiene tanto para el historial de producción, así como, el número de registros emanados de los diferentes procesos. Para mayor información, acerca del orden en que estos se encuentran almacenados, se deberá consultar las estructuras de datos antes establecidas.

En los bloques subsecuentes se graba el contenido de los vectores. El tamaño de estos esta definido por el número de registros que de el se tengan multiplicado por el tipo de dato que en el se almacene (en la mayoría de los casos se multiplica por cuatro bytes ya que los datos son de tipo flotante). Los vectores de FECHA y FECHAYAC almacenan una cadena de once caracteres (incluyendo el carácter nulo) por lo que se multiplica por 11 bytes y en el caso de los vectores BFECHA y BFECHAYAC solo se almacena un carácter y el nulo por lo que se multiplica por 2 bytes

La definición de las variables utilizadas en la figura 3.19 se muestra a continuación:

- n: Número de registros que se tenga para cada pozo.
- nry: Número de registros del historial de producción por yacimiento.
- nrm: Número de registros del pozo modelo.
- nrs: Número de registros derivados del proceso de suavizamiento.
- nra: Número de registros derivados del proceso de ajuste.
- nrp: Número de registros derivados del proceso de predicción.

El valor que adquiere cada una de estas variables está definido en la Estructura de DATOS.

- Algunos de los estándares acordados para la codificación fueron acerca de la declaración de funciones y variables:

Variables	Ejemplo
Booleanas (mayúsculas)	BANDERA
Simples en lo que representan (minúsculas)	tempo
Compuestas en lo que representan	NumeroLineas

Funciones	Ejemplo
Funciones como respuesta a un evento (Evento_NombreFunción())	Click_Imprimir()
Compuestas en lo que representan	Producción_Acumulada()

Además se estableció un orden tanto para la declaración de funciones y variables como para los encabezados de los módulos, para que la compilación fuera más eficiente:

- Encabezados de las Librerías de Borland
- Encabezados Librerías de Herramientas (spread , tabpro ,Quinn Curtis, etc).

- Encabezados Librerías de las clases (Dialogo.h)
  - Encabezados de la Estructura de Datos.
  - Declaración de Variables Externas.
  - Declaración Variables Globales.
  - Declaración Funciones Externas.
  - Declaración Funciones Globales.
- Para la generación del pozo modelo se propuso el uso de una función de interpolación denominada *flagr()* (Interpolación de LAGRANGE para cualquier grado de polinomio) que permitiera obtener los valores de presión para los cuales no existía un valor, la cual fue modificada al buscar la eficiencia del programa en tiempo de ejecución, utilizando una función de interpolación sencilla, además se optimizó el proceso al conservar el índice del registro analizado de cada pozo par evitar el barrido de toda la información de los registros, con lo que se produjo una reducción considerable en tiempo. El procedimiento de interpolación utilizado fue de tipo lineal.
- En la tabla 3.42 se da una lista de los archivos .ss generados para la aplicación, incluyendo el diálogo donde son utilizados.

Archivo	Descripción	Diálogo en que se utiliza
TabPozo.ss	Tabla para la captura del historial de producción por pozo.	Información por Pozo
TabYaci.ss	Tabla para la captura del historial de producción por yacimiento.	Información por Yacimiento.
PVTYac.ss	Tabla para la captura de los datos PVT del yacimiento.	Diálogo de datos del yacimiento.
InfYac.ss	Formato de captura para los datos característicos del yacimiento.	Diálogo de datos del yacimiento.

Tabla 3.42 Relación de archivos .ss Continúa

Archivo	Descripción	Diálogo en que se utiliza
GraYac.ss	Formato de captura para los datos generales del yacimiento.	Diálogo de datos del yacimiento.
EstYac.ss	Formato de captura para los datos estructurales de los pozos.	Diálogo de datos del yacimiento.
Politica.ss	Formato de captura para establecer las políticas de explotación del yacimiento.	Diálogo de datos del yacimiento.
TabMode.ss	Tabla para visualizar los datos de presión y producción acumulada del pozo modelo.	Diálogo de identificación de mecanismos de empuje.
TabLin.ss	Tabla para presentar los parámetros de las líneas trazadas y su respectivo mecanismo de empuje asociado.	Diálogo de identificación de los mecanismos de empuje.
TabSuave.ss	Tabla para presentar los datos de presión y tiempo del pozo modelo y los datos suavizados aplicados.	Diálogo de suavizamiento.

Tabla 3 42. Relación de archivos .ss. Continuación

Los módulos que conformaron al sistema se listan en la tabla 3.43 donde se da una breve descripción de cada uno de ellos.

Módulo	Descripción
qcw7.lib hook.c qcwint.c	Archivos requeridos para la utilización de la librería de Windows Charting Tools, Quinn Curtis, localizados en el subdirectorio c:\qcw16.
sspp.cpp	Archivo para la utilización del control visual Spread/VBX, localizado en el subdirectorio c:\sspp20.
bivbx.lib	Librería para el uso de los controles visuales VBX, localizado en el subdirectorio c:\bc45\lib.
Infoyaci.cpp	Código del diálogo de captura del historial de producción a nivel de Yacimiento.

Tabla 3 43. Archivos del sistema. Continúa...

Módulo	Descripción
Inforpozo.cpp	Código del diálogo de captura del historial de producción a nivel de Pozo.
Suavzdtts.cpp	Código del diálogo de Suavizamiento
IdentME.cpp	Código del diálogo de identificación de mecanismos de empuje.
Nuevopoz.cpp	Código del diálogo para el registro de un nuevo pozo.
Datos.cpp	Código del dialogo de captura para los datos generales, estructurales, PVT y característicos del yacimiento.
Tipo.cpp	Código del dialogo de selección del tipo de captura a primero, mediados o último de mes
Pregunta.cpp	Código del diálogo de pregunta si es sobrescrita o añadida la información contenida en un archivo.
Caja_Ela.cpp	Código de la clase caja elástica para el trazado de líneas.
Calculo.cpp	Código de las funciones de cálculo utilizadas.
FunAjust.cpp	Código de las funciones de ajuste (regresión).
Spline.cpp	Código de la función de ajuste del spline.
Grafi.cpp	Módulo de funciones de graficación para los diálogos de captura
Graficas.cpp	Módulo de funciones de graficación para los diálogos: identificación de mecanismos de empuje y suavizamiento.
ReporteG.cpp	Código del diálogo de reportes gráficos.
MeyvoApp.cpp	Código del programa principal.
MeyvoApp.rc	Módulo de definición de los recursos del sistema.

Tabla 3-43 Archivos del sistema. Continuación

### 3.4. Pruebas y Validación.

A fin de cumplir con el objetivo planteado en el subtema de pruebas en el capítulo anterior, a continuación se establecen las pruebas conducentes a determinar la calidad, la consistencia y el funcionamiento del sistema MEYVO: definiendo aquellas que son de mayor peso en el contexto del sistema, así como, la forma en que han de realizarse. Las pruebas a efectuar son:

**Prueba No 1 :** Corroborar que el sistema contenga todos los elementos de código necesarios para llevar a cabo la predicción, verificando que:

- a) Se contenga todo el conjunto de datos necesarios.
- b) Se encuentran integrados todos los procesos definidos en el diseño.
- c) Exista integración de los datos con los procesos (que estén ligados).
- d) El grabado y la lectura de la información se realiza de forma adecuada.
- e) La integridad del diseño visual (interfaz de usuario) esta conforme a lo establecido en el diseño.

Los puntos anteriores se deben corroborar a través de una revisión rutinaria y cotidiana en forma visual e interactiva, para detectar anomalías en cada uno de los elementos que constituyen al sistema, verificando que estén perfectamente bien distribuidos y utilizados, valiéndose de

- Una revisión comparativa del diseño contra el sistema.
- La observación del comportamiento gráfico de los datos, y
- Despliegado de mensajes de los datos utilizados.

**Prueba No 2.** Probar la validez del modelo mediante el proceso de ajuste y de predicción, para lo cual se debe realizar lo siguiente:

- a) Verificar que la generación de los datos del pozo modelo sean coherentes, haciendo lo siguiente:
  - Introducir información a nivel de yacimiento y generar los mismos resultados.
  - Observar gráficamente el comportamiento de los datos del pozo modelo. La producción acumulada debe incrementarse a través del tiempo, mientras que la presión tiende a disminuir.
  
- b) Cerciorarse que los ajustes de los mecanismos de empuje sean consistentes de la siguiente forma :
  - Verificando que el trazado de las líneas sea acorde al escalamiento utilizado.
  - Observando el comportamiento gráfico de las tendencias trazadas (al tener los puntos, checar que se grafique adecuadamente).
  - Corroborando en forma manual el valor de la pendiente y la ordenada.
  
- c) Verificar que los valores calculados de los modelos resultantes sean confiables, tanto en los procedimientos de ajuste como en el proceso de suavizamiento, a través del siguiente procedimiento :
  - Observando que el comportamiento gráfico de los datos reales y los datos calculados del proceso aplicado siguen una tendencia similar.
  - Corroborando que los resultados de los cálculos sean correctos.
  
- d) Comprobar la integridad de la transferencia de datos de un proceso a otro.
  
- e) Verificar la confiabilidad de los resultados emanados por el sistema al hacer una comparación con datos observados, realizando las siguientes actividades:
  - Analizar el comportamiento global del ajuste y la predicción contra los datos observados (datos reales).

- Realizar diversas corridas para generar resultados con diversos esquemas de predicción.

Se debe entender por *Esquema de Predicción* al conjunto de datos definido por el historial de producción de un yacimiento (datos observados "reales") a partir de los cuales se intentarán reproducir parte de ellos al presentarlos como una etapa de predicción a diferentes periodos.

- Cuantificar los errores promedios en las variables de interés (Producción Acumulada y Presión) para cada esquema de predicción, si el porcentaje de error es menor al 15% se da como valido el modelo.
- Determinar los coeficientes de correlación en la etapa de ajuste para cuantificar la medida de la desviación de los cálculos.

Los cálculos para cada uno de los procesos se comprueban a través de:

- Desplegados visuales de datos.
- Utilización del debugger (rastreo).
- Cálculos de forma separada (o manual) de los resultados esperados al aplicar alguna formula o procedimiento

**Prueba No 3.** Revisar el contenido de los elementos adicionales que constituyen al sistema. Esta revisión consiste en:

- a) Verificar el procedimiento de instalación
- b) Corroborar que esta bien organizada y definida correctamente la ayuda y que corresponde al lugar donde es llamada
- c) Verificar la redacción correcta de la guía de usuario y
- d) Probar los formatos de los reportes de salida, así como la información ahí impresa.

Este tipo de pruebas se debiera verificar en forma tangible y funcional para cada uno de los elementos mencionados.

A continuación se describen las pruebas que permitieron la validación del modelo implementado en el sistema.

#### Validación del modelo

Se procedió a la validación del modelo numérico (Prueba No 2 inciso e), efectuando varias simulaciones con diversos esquemas de predicción con los datos del yacimiento *Tamabra* del campo *San Andrés*, el cual contaba con condiciones de ser inicialmente bajosaturado. Su explotación se inició en agosto de 1960, y se cuenta con un historial de producción que abarca de esa fecha hasta agosto de 1988, representada en periodos trimestrales. Los datos técnicos de interés del yacimiento se muestran en la tabla 3.44.

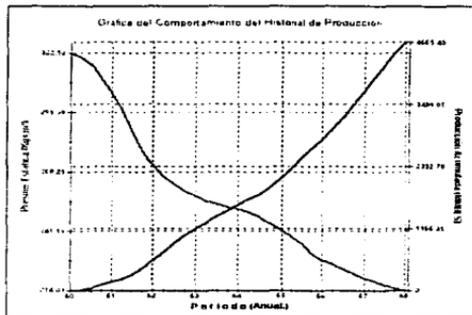
DATO	VALOR
Presión inicial	322.9 Kg/cm <sup>2</sup>
Porosidad	10.39%
Saturación de agua	26%
Salinidad	40000.0 PPM
Presión de saturación	182.8 Kg/cm <sup>2</sup>
Factor de volumen de agua	1.481

Tabla 3.44. Datos Técnicos del yacimiento

En la tabla 3.45 se muestran los datos del historial de producción y en la gráfica 3.1 se presenta su comportamiento.

Fecha	Qt(MBPD)	Np(MMBLS)	Pi(Kg/cm <sup>2</sup> )
01/08/60	123 700	0 000000	322 500
01/11/60	325 910	11 380400	320 500
01/02/61	630 820	41 364120	317 000
01/05/61	607 220	97 507095	311 000
01/08/61	587 530	153 371338	304 600
01/11/61	854 470	207 424103	296 500
01/02/62	1293 370	286 035339	288 800
01/05/62	1621 540	401 145254	278 500
01/08/62	1808 270	550 328965	271 100
01/11/62	1976 170	718 687805	266 000
01/02/63	1522 790	898 485422	262 600
01/05/63	1343 810	1034 023682	259 500
01/08/63	1351 630	1157 654175	257 500
01/11/63	1227 550	1282 004150	255 000
01/02/64	1184 800	1394 938721	253 500
01/05/64	1222 090	1501 570679	252 050
01/08/64	1093 400	1614 002930	251 200
01/11/64	1030 680	1714 595703	250 000
01/02/65	1612 860	1809 418213	247 500
01/05/65	1901 220	1952 982769	244 500
01/08/65	1963 540	2127 875000	241 500
01/11/65	2008 990	2308 520752	238 400
01/02/66	1823 730	2493 347900	235 400
01/05/66	1805 110	2655 658912	231 000
01/08/66	2086 690	2830 929932	228 000
01/11/66	2498 080	3021 065430	225 900
01/02/67	2633 580	3250 888672	223 800
01/05/67	2732 420	3485 277344	221 800
01/08/67	2894 600	3736 659912	219 500
01/11/67	2592 200	4002 963135	218 000
01/02/68	2426 340	4241 445312	216 500
01/05/68	2234 500	4459 815918	215 000
01/08/68	2002 370	4665 395508	214 000

Tabla 3.45 Datos de Historial de Producción (Tambara)



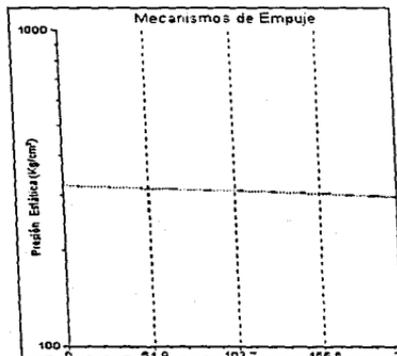
Gráfica 3.1 Historial de Producción (Tambara)

A partir de la información anterior se establecieron los siguientes esquemas de predicción:

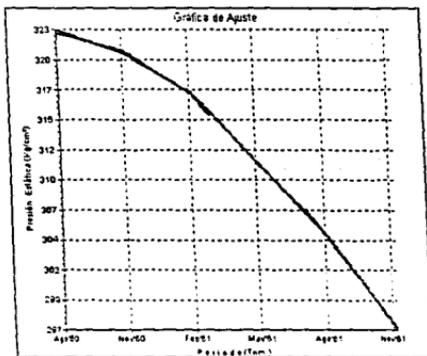
### 1er. Esquema de Predicción

Para la primera simulación se estableció un historial de producción con los primeros seis registros del historial original para la realización del ajuste del comportamiento pasado, comprendiendo así el periodo de agosto de 1960 a noviembre de 1961. La predicción se realizó hasta noviembre de 1965, teniendo así una predicción a cuatro años.

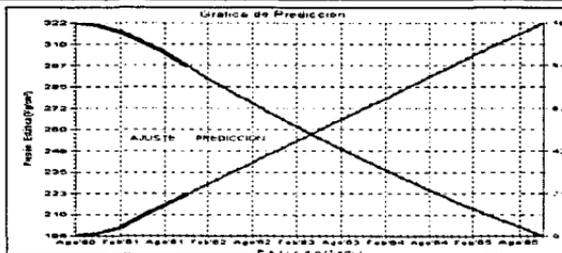
La gráfica 3.2 muestra la evaluación de los mecanismos de empuje para este esquema y la gráfica 3.3 muestra la corroboración del ajuste del periodo en cuestión. En la gráfica 3.4 se muestra el comportamiento global del historial y la predicción para esta ejemplificación y en la tabla 3.3 se muestra los detalles para cada intervalo calculado en la etapa de predicción y los datos reales a los mismos intervalos, además se muestra el porcentaje de error entre ambos (datos calculados y datos reales).



Gráfica 3.2. Mecanismos de Empuje (1er. Esquema de Predicción).



Gráfica 3.3. Ajuste del Historial (1er. Esquema de Predicción).



Gráfica 3.4 Predicción (1er. Esquema de Predicción)

Fecha	Datos Reales		Predicción		% de Error	
	Np	Ps	Np	Ps	Np	Ps
1/02/82	286 035	286 600	260 331	289 250	8 986	0 918
1/05/82	401 145	278 500	313 260	281 996	21 909	1 255
1/08/82	550 327	271 100	366 186	274 943	33 460	1 417
1/11/82	716 688	266 000	419 119	268 066	41 520	0 777
1/02/83	898 495	262 600	472 048	261 361	47 462	0 472
1/05/83	1034 024	259 500	524 577	254 824	49 230	1 802
1/08/83	1157 654	257 500	577 506	248 451	50 080	3 514
1/11/83	1282 004	255 000	595 549	246 362	53 545	3 388
1/02/84	1394 939	253 500	683 765	236 178	50 982	6 833
1/05/84	1501 571	252 050	736 694	230 271	50 938	8 641
1/08/84	1614 003	251 200	789 623	224 511	51 077	10 624
1/11/84	1714 596	250 000	842 552	218 896	50 860	12 442
1/02/85	1809 418	247 500	895 482	213 421	50 510	13 769
1/05/85	1952 963	244 500	948 411	208 083	51 437	14 894
1/08/85	2127 875	241 500	1001 340	202 879	52 942	15 992
1/11/85	2308 521	238 400	1054 269	197 804	54 331	17 028
Promedio del % de Error					44 96	7 11

Tabla 3.46 Comparación de los datos reales contra la predicción

De la observación de la tabla 3.46 en las columnas de porcentaje de error de Np y Ps se resume que el grado de precisión en la predicción calculada para este esquema y comparada con el historial original resulta en un promedio de error para la Producción Acumulada (Np) de 44.95% y de 7.11% para la Presión Estática (Ps). Los resultados arrojados por el sistema no son muy aceptables para la producción acumulada ya que rebasa el 15% de error.

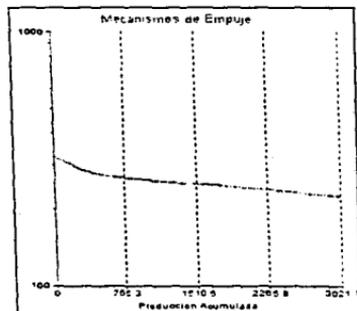
## 2o. Esquema de Predicción

Para este segundo esquema se estableció un historial de producción con veintiseis registros del historial original comprendiendo así el periodo entre agosto de 1960 y Noviembre de 1966 para la realización del ajuste del comportamiento pasado. La predicción se hizo a dos años, es decir hasta la fecha 01/08/1968, fecha hasta la cual se cuenta con información real.

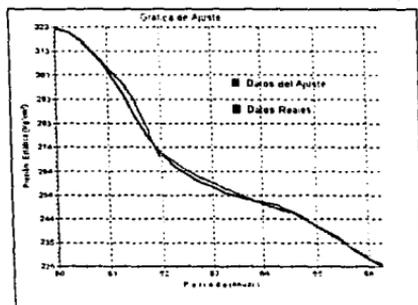
Bajo este esquema se realizaron dos simulaciones diferentes, en la primera se intenta realizar un buen ajuste, mientras que en el segundo se realiza un mal ajuste con el fin de establecer las diferencias que arroja el sistema en ambas situaciones.

### Primer caso

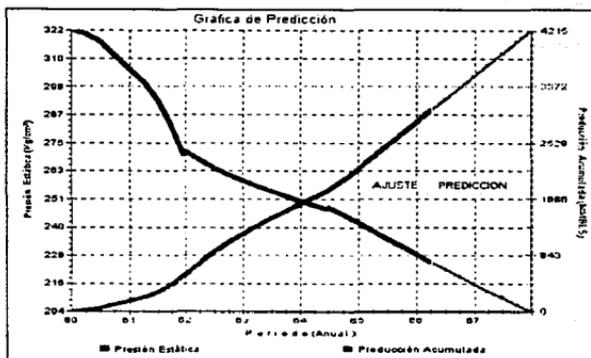
Para el primer caso, la gráfica 3.5 muestra la evaluación de los mecanismos de empuje y la gráfica 3.6 muestra la corroboración del ajuste del periodo en cuestión. En la gráfica 3.7 se muestra el comportamiento global del historial y la predicción para esta ejemplificación y en la tabla 3.43 se muestra los detalles para cada intervalo calculado en la etapa de predicción.



Gráfica 3.5 Mecanismos de Empuje (1er Caso)



Gráfica 3.6 Ajuste del Historial (1er Caso)



Gráfica 3.7. Predicción (1er Caso).

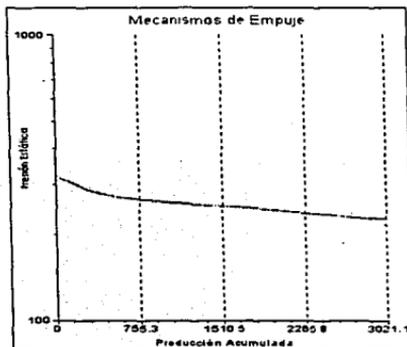
Fecha	Datos Reales		Predicción		% de Error	
	Np	Ps	Np	Ps	Np	Ps
1/02/67	3250.889	223.800	3187.477	221.906	0.020	0.008
1/05/67	3485.277	221.800	3361.286	218.849	0.036	0.013
1/08/67	3736.660	219.500	3535.096	215.834	0.054	0.017
1/11/67	4002.963	218.000	3708.905	212.861	0.073	0.024
1/02/68	4241.445	216.500	3882.716	209.928	0.085	0.030
1/05/68	4459.816	215.000	4056.525	207.036	0.090	0.037
1/08/68	4665.396	214.000	4230.335	204.184	0.093	0.046
Promedio del % de Error					0.064	0.025

Tabla 3.47. Comparación de los datos reales contra la predicción

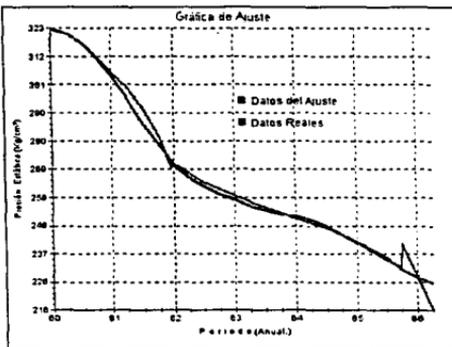
De la observación de la tabla 3.47 en las columnas de porcentaje de error de Np y Ps se resume que el grado de precisión en la predicción calculada para este esquema y comparada con el historial original resulta en un promedio de error para la Producción Acumulada (Np) de 0.064% y de 0.025% para la Presión Estática (Ps). Con lo cual se observa un porcentaje de error bastante aceptable ya que no alcanza ni siquiera el 1%.

## Segundo caso

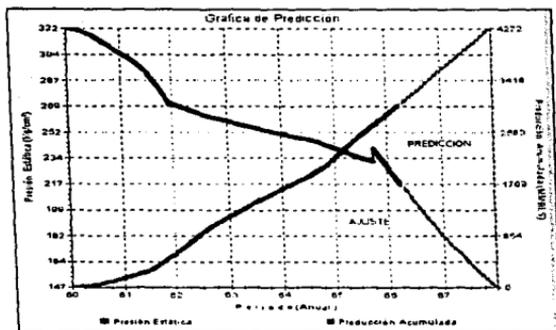
La gráfica 3.8 muestra la evaluación de los mecanismos de empuje para este esquema y la gráfica 3.9 muestra la corroboración del ajuste del periodo en cuestión. En la gráfica 3.10 se muestra el comportamiento global del historial y la predicción para este caso y en la tabla 3.5 se muestra los detalles para cada intervalo calculado en la etapa de predicción.



Gráfica 3.8. Mecanismos de Empuje (2do. Caso).



Gráfica 3.9. Ajuste del Historial (2do. Caso).



Gráfica 3 10 Predicción (2do Caso)

Fecha	Datos Reales		Predicción		% de Error	
	Np	Ps	Np	Ps	Np	Ps
1/02/67	3250.689	223.800	3197.052	204.240	1.656	8.740
1/05/67	3485.277	221.800	3376.278	193.259	3.127	12.868
1/08/67	3736.660	219.500	3555.504	182.867	4.848	16.689
1/11/67	4002.963	218.000	3734.730	173.035	6.701	20.626
1/02/68	4241.445	216.500	3913.956	163.731	7.721	24.373
1/05/68	4459.816	215.000	4093.182	154.928	8.221	27.940
1/08/68	4885.396	214.000	4272.408	146.597	8.423	31.496
Promedio del % de Error					5.81	20.38

Tabla 3 48 Comparación de los datos reales contra la predicción

De la observación de la tabla 3.48 en las columnas de porcentaje de error de Np y Ps se resume que el grado de precisión en la predicción calculada para este esquema y comparada con el historial original resulta en un promedio de error para la Producción Acumulada (Np) de 5.81% y de 20.39% para la Presión Estática (Ps). El porcentaje de error se ve afectado por el trazado realizado en la última tendencia (gráfica 3.9) por lo que el porcentaje de error por la presión rebasa el 15%.

### Observaciones de la Validación

De acuerdo a los resultados obtenidos al aplicar los diferentes esquemas de predicción se observa y concluye lo siguiente:

- En la medida de que se tenga más información es menor el error en los parámetros observados al predecir a corto plazo.
- En caso de tener poca información y evaluar a largo plazo, se observa que es posiblemente más incierto evaluar los parámetros de interés.
- Se recomienda tener la mayor cantidad de información en intervalos de tiempo más pequeños para evitar fluctuaciones en la estimación de las predicciones. Además se debe cuidar que los intervalos de interés a observar en la predicción no sean de gran tamaño.
- Cabe mencionar que tanto la predicción como el ajuste al historial es un reflejo fiel de la forma en como se estimaron los mecanismos de empuje, por lo que habrá necesidad de hacer tantas estimaciones de ellos hasta que se logre el mejor ajuste posible.
- La magnitud de los errores encontrados en cada una de las simulaciones realizadas, sobre todo a corto plazo (2 años) manifestaron una gran consistencia con los datos observados en los periodos de interés calculados por lo que la validación del modelo es efectiva.

## CONCLUSIONES

---

---

Al desarrollar el presente trabajo se pudo experimentar diferentes formas y esquemas de trabajo que nos permiten concluir los siguientes puntos:

- Se probó en forma válida que el modelo matemático implementado sirve como una herramienta de predicción a corto plazo, mediante la cual los ingenieros de Producción puedan realizar estimaciones macro-técnicas del comportamiento de un yacimiento.
- Se observó que es indispensable la interacción de grupos interdisciplinarios que conjuguen sus conocimientos para el desarrollo de un producto con mejores resultados.
- La aplicación del conocimiento adquirido académicamente se refleja en poder lograr grandes beneficios en la aplicación de diversas tecnologías.
- Se definió que el mejor esquema de trabajo para este tipo de desarrollos deberá seguir un lineamiento definido (metodología) lo que ayude a garantizar el éxito del desarrollo con una mejora en la calidad, el costo y el abatimiento del tiempo de desarrollo del producto.

## APENDICE A. Características de las Herramientas de Software.

<b>Spread/VBX++ 2.0, de FairPoint Technologies, Inc.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenedor de tipos diferentes de datos a nivel de celda.</li> <li>• Las celdas pueden ser campos calculados por una formula especificada.</li> <li>• Permite el formato a nivel de celda.</li> <li>• Permite el desplegado directo de la información una base de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporta el manejo de eventos.</li> <li>• Contiene una variedad de métodos, propiedades y funciones.</li> <li>• Es programable en tiempo de corrida.</li> <li>• Contiene funciones de impresión.</li> </ul>
<b>TabPro/VBX++, de FairPoint Technologies, Inc.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite la selección de varios diseños de carpetas.</li> <li>• Permite el uso de múltiples hojas por pestaña.</li> <li>• Soporta el manejo de eventos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene funciones de impresión.</li> <li>• Permite el diseño de la presentación.</li> </ul>
<b>Windows Charting Tools 1.1, WIN-BMC-100 de Quinn Curtis, Inc.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conjunto de funciones de graficación de propósito general.</li> <li>• Permite su uso en aplicaciones C/C++ de Microsoft Visual y Borland.</li> <li>• Permite interacción con el usuario en tiempo de corrida.</li> <li>• Maneja diferentes tipos de escalas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene diferentes tipos de gráficas (pastel, barras, etc.).</li> <li>• Permite el manejo del mouse en el área gráfica.</li> <li>• Permite dar formato a cada parte que constituya la gráfica (ejes, color de fondo, etc.).</li> </ul>
<b>SQLWindows versión 5.0, de Gupta</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene un motor propio para el acceso a la base de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona integridad y seguridad en los datos.</li> </ul>
<b>C++E versión 3.0, de Intersolv</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Librería de funciones en C.</li> <li>• Permite la conexión y explotación a diferentes bases de datos.</li> <li>• Conexión a base de datos locales y remotas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso de la información de la BD a través de filtros (Query).</li> <li>• El uso de las funciones puede ser a través de funciones de C en la aplicación o a través de DLLs.</li> </ul>
<b>Install Shell</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenguaje scrip flexible.</li> <li>• Contiene todos los componentes compatibles con Windows para la instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con su propio comprimidor de archivos.</li> <li>• Cuenta con una herramienta para la distribución de archivos en disquetes.</li> </ul>

## APENDICE B. MANUAL DE USUARIO

El manual de usuario comprende las actividades que permiten poner en uso el sistema MEYVO 1.0; estas actividades se han dividido en tres partes para su mejor comprensión:

- B.1. COMANDOS DEL MENU.
- B.2. ALMACENAMIENTO DE DATOS.
- B.3. MECANICA GENERAL DEL SISTEMA.

A continuación se describe cada una de ellas.

### B.1. COMANDOS DEL MENU

Para iniciar una sesión de trabajo con el sistema MEYVO 1.0 deberá hacer "doble click" en el icono  de la aplicación MEYVO 1.0. La pantalla principal del sistema que se presentará será la mostrada en la figura B.1.

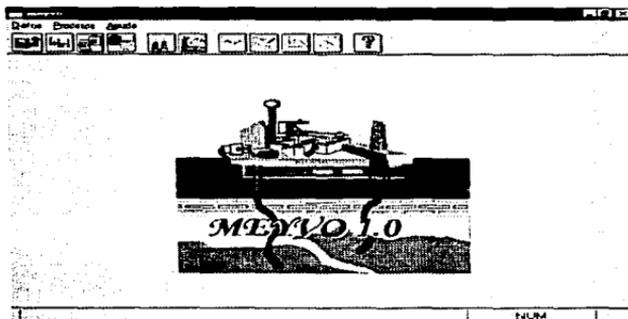


Figura B 1 Pantalla principal de MEYVO 1.0

El sistema consta de tres elementos de Menú Principal: Datos, Procesos y Ayuda, a su vez éstos contienen las siguientes opciones:

**Datos:**

**Nuevo:** Registra datos de un yacimiento para realizar un nuevo estudio.

**Editar:** Permite desplegar la información de un yacimiento para su edición.

**Salvar:** Graba la información del yacimiento al archivo de datos.

**Salvar como:** Permite guardar la información del yacimiento a un nuevo archivo.

**Cargar:** Incorpora a la memoria, la información de un yacimiento proveniente de un archivo.

**Accesar:** Accesa la información del yacimiento en la base de datos.

**Transferir:** Graba la información del yacimiento a la base de datos.

**Salir:** Salida del sistema para finalizar la sesión.

**Procesos:**

**Suavizamiento:** Hacer mas uniforme la curva generada por el historial de producción.

**Mecanismos:** Evaluación de los mecanismos de empuje del yacimiento en estudio.

**Ajustar:** Ajuste del historial de producción del yacimiento en estudio.

**Predicción:** Predicción del comportamiento del yacimiento en estudio.

**Ayuda:**

**Contenido:** Presenta a través de un índice los aspectos técnicos en los que se basa MEYVO 1.0., así como, las ayudas referentes al uso del sistema.

**Acerca de ...:** Aspectos del desarrollo de MEYVO 1.0.

El sistema cuenta con una barra de botones de acceso rápido, los cuales permiten seleccionar una de las siguientes opciones del menú:



## B.2. ALMACENAMIENTO DE DATOS

El almacenamiento de datos es un procedimiento que consiste en depositar en archivos, una estructura de datos y resultados de interés para el usuario. El objetivo del almacenamiento de datos es tener la forma de recuperar la información para analizarla o actualizarla en sesiones futuras. El proceso de almacenar datos y resultados se realiza de dos formas: mediante archivos binarios y a través del acceso a una base de datos.

- a) Los archivos binarios almacenan la información de los datos tal y como se utilizan en la memoria del programa. También almacenan la información obtenida como resultado de los procesos del sistema, como son cálculo del pozo modelo, el ajuste y la predicción. Su propósito es agilizar el acceso a la información.
- b) El acceso a la base de datos permite organizar la información de todos los yacimientos que el usuario desea conservar para usos futuros. Su propósito es facilitar al usuario la disposición de la información de varios yacimientos. El usuario puede acceder a la base de datos para cargar a memoria todos los datos requeridos del yacimiento para realizar un estudio en particular, de la misma forma como se hace desde un archivo binario.

Las acciones disponibles para el uso de los archivos binarios son :

Datos/Nuevo : Opción para capturar.

Datos/Editar : Opción para editar.

Datos/Salvar y/o Datos/Salvar como... : Opción para grabar.

Datos/Cargar : Opción para Cargar.

Las acciones que permiten el acceso a la base de datos son :

Datos/Transferir : Opción para transferir información a la base de datos.

Datos/Accesar : Opción para acceder información de la base de datos.

### B.3. MECANICA GENERAL DEL SISTEMA.

El procedimiento que se lleva a cabo para el funcionamiento adecuado del sistema se describe en cinco etapas:

**Etapa I:** Registro y preparación de los datos.

**Etapa II:** Suavizamiento del historial de producción.

**Etapa III:** Identificación de los mecanismos de empuje asociados al historial de producción.

**Etapa IV:** Ajuste del historial de producción.

**Etapa V:** Predicción de la producción.

#### ETAPA I. REGISTRO Y PREPARACIÓN DE DATOS.

Para utilizar el sistema es necesario disponer de los datos del yacimiento tales como: los datos generales, PVT, estructurales y los registros del historial de producción ya sea a nivel de pozo y/o a nivel de yacimiento (estos datos se describen en las ayudas integradas del sistema). El manejo de estos datos consiste en capturar, editar, modificar, borrar y almacenar la información, de acuerdo al criterio y necesidades del usuario.

El manejo de datos se inicia con la captura de toda o parte de la información del yacimiento, utilizando la opción **Datos/Nuevo** de los elementos del Menú Principal, para después tener acceso a modificaciones (editar) utilizando la opción **Datos/Editar** y grabarlos a disco (en la base de datos ó a un archivo).

#### DIALOGOS DE EDICION DE DATOS.

Los diálogos de edición de datos son un conjunto de receptáculos visuales (ventanas) donde se deposita, observa o modifica la información de interés. La información esta organizada en varios diálogos de edición que se accesan desde la opción **Datos/Editar** en caso de ya existir información o a partir de la opción **Datos/Nuevo** cuando se introduce información por primera vez de un yacimiento. Todos los diálogos de edición permiten registrar, consultar y modificar la información. La captura de datos se ha dividido en dos:

i) Registro de Datos del Yacimiento.

- i.1 Información General.
- i.2. Datos característicos.
- i.3. Datos PVT.
- i.4 Datos Estructurales.
- i.5 Políticas de Explotación.

ii) Registro del Historial de Producción.

i) Registro de Datos del Yacimiento

Al seleccionar la opción **Datos/Editar** o **Datos/Nuevo** se presenta el diálogo "DATOS DEL YACIMIENTO" que contiene cinco pestañas, en las cuales se presenta de manera organizada la información del yacimiento a ser capturada (Figura B.2).

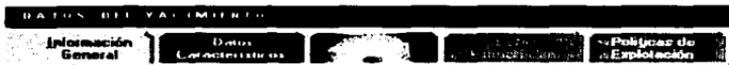


Figura B.2. Pestañas de opción diálogo DATOS DEL YACIMIENTO

Para introducir información en cada una de ellas debe hacer "click" en aquella pestaña para la cual desee registrar información o presionar la tecla Alt+ la letra que aparece subrayada en la pestaña.

En caso de existir alguna pestaña con las letras en gris esto significa que no puede ser accesada ya que se requiere de información adicional para su habilitación.

A continuación se describe cada una de las opciones.

#### I.1) Información General:

Los datos generales del yacimiento se refieren a:

- La identificación y ubicación geográfica del yacimiento. Se obtiene a través del nombre del yacimiento, nombre de la Región, Distrito, Campo y Dependencia a la que pertenece y la Fecha Inicial de Explotación.
- Los datos internos que identifican el estudio. Los datos necesarios son: el nombre del usuario, fecha del estudio y nombre del responsable del estudio.

La figura B.3 presenta los datos que se solicitan.

**DATO DE YACIMIENTO**

Información General | Datos de Pozo | Datos de Yacimiento | Historial

**Datos del Yacimiento:**

Yacimiento: \_\_\_\_\_ Region: [v] [v]  
 Campo: \_\_\_\_\_ Distrito: [v] [v]  
 Dependencia: \_\_\_\_\_ Fecha Inicial Explotación: \_\_\_\_\_

**Datos del Estudio:**

Titulo del Estudio: \_\_\_\_\_  
 Responsable: \_\_\_\_\_  
 Fecha del Estudio: \_\_\_\_\_

**Producción por:**

Pozo  
 Yacimiento  
 Historial

[OK] [Cancelar] [Help]

Figura B.3. Opción de capturar para la Información General del yacimiento.

En la sección "Producción por:" (figura B.3) se debe indicar la forma en que será manejada la información para el estudio, esta puede ser a nivel de pozo o a nivel de yacimiento dependiendo del selector  que se encuentre habilitado.

Al presionar el botón  **Historial** se presenta otro diálogo (ver sección ii ), en el cual ha de registrarse el historial de producción del yacimiento, el diálogo presentado será a nivel de pozo o a nivel de yacimiento dependiendo de la selección previa. Los datos que mínimamente deben capturarse para pasar a registrar el historial de producción son: el *Nombre del Yacimiento* y la *Fecha Inicial de Explotación*.

El grabado de la información a la base de datos se ordena por Nombre del Yacimiento por eso es muy importante introducir este dato en forma correcta.

## 1.2. Datos Característicos:

Al seleccionar la opción "Datos Característicos" se despliega la ventana de la figura B.4 para el registro de la siguiente información:

Base Máxima (m).

Porosidad (Adim).

Presión inicial (Kg/Cm2).

Saturación del agua inicial (Adim).

Saturación del aceite.

Cima Mínima (m)

Temperatura(\* C)

Nivel de Referencia (m).

Saturación del agua congénita (PPM).

Compresibilidad de la formación.

Dato	Valor	Unidades
Base máxima:	1.000000	( m )
Cima mínima:	0.000000	( m )
Porosidad:	0.000000	( Adim )
Temperatura:	0.000000	( *C )
Presión inicial:	0.000000	( Kg/cm² )
Nivel de referencia:	0.000000	( m )
Saturación de agua inicial:	0.000000	( Adim )
Salinidad del agua congénita:	0.000000	( PPM )
Saturación del aceite:	0.000000	( )
Compresibilidad de la formación:	0.000000	( )

Figura B.4 Opción de captura para los Datos Característicos

## I.3. Datos PVT:

Los "Datos PVT" (figura B.5) del yacimiento representan propiedades físicas como son temperaturas, presiones y volúmenes, los cuales son utilizados para determinar los mecanismos de empuje. Los datos a registrar son:

Factor de volumen del aceite inicial(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

Factor de volumen del aceite saturado (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

Densidad relativa del aceite producido (Agua=1).

Presión de saturación (Kg/cm<sup>2</sup>).

Compresibilidad del Aceite (1/PCI).

Compresibilidad del Agua (1/PCI).

Densidad relativa del gas (Gas=1).

DA TOS DEL YACIMIENTO

Información General Datos PVT

Dato	Valor	Unidades
Factor de Volumen del Aceite Inicial:	0.000	(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Factor de Volumen del Aceite Saturado:	0.000	(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Densidad Relativa del Aceite Producido:	0.000	(Agua=1)
Presión de Saturación:	0.000	(Kg/cm <sup>2</sup> )
Compresibilidad del Aceite:	0.000	(1/PCI)
Compresibilidad del Agua:	0.000	(1/PCI)
Densidad relativa del gas:	0.000	(Gas=1)

Imprimir OK Cancel Help

Figura B.5 Opción de captura para los Datos PVT





**Botón "Imprimir"**

Permite enviar a impresión los datos mostrados en pantalla, es decir, que sólo se imprimirán los datos de la opción (pestaña) que se encuentre habilitada en ese momento.

**Botón "OK"**

Cierra el diálogo de "Datos del Yacimiento" y conserva la información modificada de todas las opciones (pestañas) y retorna a la pantalla del menú principal.

**Botón "Cancel"**

Cierra el diálogo de "Datos del Yacimiento" descartando las modificaciones realizadas a la información de todas las opciones y retorna a la pantalla del menú principal.

**Botón "Help"**

Presenta la Ayuda relacionada con el diálogo "Datos del Yacimiento".

**ii). Registro del Historial de Producción.**

El estudio de un yacimiento se hace en base al historial de producción que se ha observado durante su explotación. El historial de producción se conforma de las presiones, los gastos, las producciones acumuladas y las fechas en que fueron observados (leídos) estos datos. El sistema cuenta con dos opciones de captura para el registro del historial:

- a) A nivel de pozo
- b) A nivel de yacimiento, si la información se tiene sintetizada.

Para acceder a los diálogos de captura del historial de producción debe presionar el botón "Historial" del diálogo "DATOS DEL YACIMIENTO" en la opción "Información General" (Figura B.3). El diálogo que se presentará dependerá del selector  que este activo en la sección "Producción por:". La figura B.8 muestra el diálogo de captura para el historial de producción a nivel de pozo y la figura B.9 muestra el diálogo de captura para el historial de producción a nivel de yacimiento.

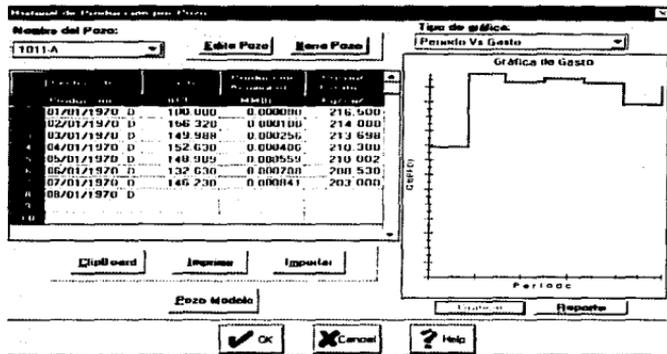


Figura B 8 Dialogo de captura para el historial de producción a nivel de pozo

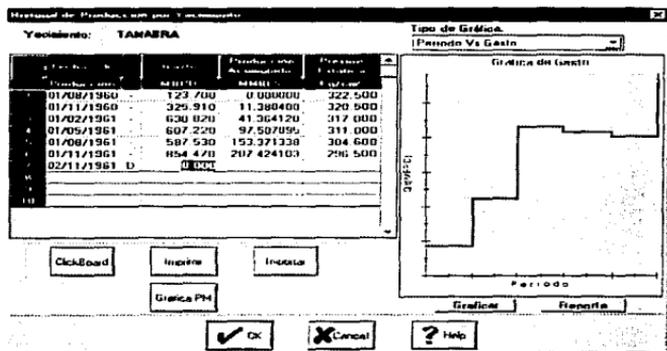


Figura B 9 Dialogo de captura para el historial de producción a nivel de yacimiento.

Para el registro del historial de producción, el usuario solo tendrá que capturar el gasto y la presión, ya que la fecha del registro es generada en forma automática por el sistema, al igual que el cálculo de la producción acumulada. En la parte derecha del diálogo se presenta en forma gráfica el comportamiento de los datos del historial.

### Comandos Disponibles del Diálogo

**Pozo Modelo** Genera el historial de producción del pozo modelo (pozo representativo del yacimiento) a partir de los n pozos existentes, calculando la producción acumulada de todos los pozos y el promedio de las presiones. Además muestra la gráfica de estos cálculos (Producción Acumulada "Np" vs Presión "Ps"). Comando sólo disponible en el diálogo Historial de Producción por Pozo

**Gráfico Pm** Permite calcular y graficar la Producción Acumulada "Np" vs Presión "Ps" en base al historial de producción del yacimiento en intervalos de tiempo regulares. Comando sólo disponible en el diálogo Historial de Producción por Yacimiento.

**Borra Pozo** Permite borrar el pozo actualmente seleccionado. Comando sólo disponible en el diálogo Historial de Producción por Pozo.

**Edita Pozo** Presenta un diálogo donde se puede modificar el nombre del pozo y su fecha inicial de explotación. En caso de editar la fecha, los registros capturados se perderán. Comando sólo disponible en el diálogo Historial de Producción por Pozo.

**1111-A** Permite seleccionar uno de los diferentes pozos existentes en un yacimiento, así como dar de alta un nuevo pozo. Comando sólo disponible en el diálogo Historial de Producción por Pozo.

#### Alta de Pozos

Al ser seleccionar la opción *Nuevo Pozo* se permite dar de alta un pozo, introduciendo su *Nombre*: el cual consta de cuatro dígitos, un guión y una letra (Ejem. 0056-A) y la *Fecha Inicial de Explotación* del mismo, esta fecha debe ser mayor o igual a la Fecha Inicial de Explotación del Yacimiento.



Permite enviar la información contenida en la tabla al portapapeles.



Envía la información de la tabla a impresión.



Permite cargar a la tabla información de un archivo texto.



Muestra la gráfica actualmente seleccionada en un diálogo separado en el cual se puede personalizar con fines de impresión.



Permite actualizar la gráfica. en caso de que los datos de la tabla hayan sufrido alguna modificación o se hayan capturado nuevos registros.



Permite seleccionar los datos de la tabla a ser graficados. En el eje x invariablemente se tendrá la escala de tiempo, mientras que en el eje y podrán graficarse el gasto, la producción acumulada o la presión.

#### Botón "OK"

Cierra el diálogo de "Historial de Producción" y conserva los cambios de la información retornando al diálogo "Datos del Yacimiento".

#### Botón "Cancel"

Cierra el diálogo "Historial de Producción" descartando todos los cambios realizados y retorna al diálogo "Datos del Yacimiento".

#### Botón "Help"

Presenta la Ayuda relacionada con el diálogo.

## Acciones del Mouse

Al presionar el botón derecho del mouse sobre la tabla aparecerá un menú con las siguientes opciones:

- **Eliminar Todo.** Permite eliminar todos los registros contenidos en la tabla.
- **Eliminar registro n.** Permite borrar el registro en el cual se encuentra posicionado el cursor.
- **Deshacer.** Permite restaurar la última acción de borrado.
- **Insertar.** Permite intercalar un registro. En este caso se tendrá que introducir la fecha.
- **Editar Fecha.** Permite modificar la fecha del registro donde se encuentra posicionado el cursor.

Al editar una fecha o insertar un registro debe tenerse precaución de que la fecha sea consecutiva.

- Las últimas cinco opciones permiten modificar el periodo de captura para los subsecuentes registro a partir de la última fecha para la cual existe información, esta puede ser de una de las siguientes formas:

Diaria	Mensual	Trimestral
Semestral	Anual	

En caso de ser mensual, trimestral o semestral esta solo podrá ser de tres formas, cada día primero, cada día quince o cada día último de mes.

## Etapa II. Suavizamiento del Historial de Producción.

El objetivo de este procedimiento es hacer mas uniforme (suave) la curva presentada por los datos del historial de producción generados por el pozo modelo con la finalidad de poder efectuar una mejor identificación de los mecanismos de empuje asociados a los mismos. Este proceso es

opcional y será aplicado a criterio del usuario. En la figura B.10 se presenta el diálogo correspondiente a este proceso, el cual es desplegado al activar la opción **Procesos/Suavizamiento** y cuya función es descrita en los siguientes pasos.

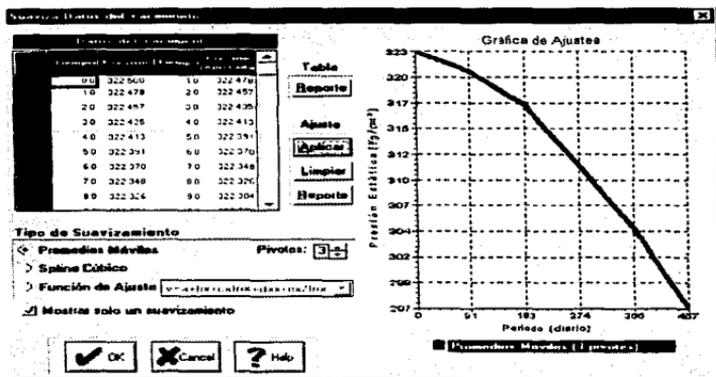


Figura B.10 Diálogo de Suavizamiento del Historial de Producción

1. Seleccionar de las opciones de "Tipo de Suavizamiento" el suavizamiento que se quiere aplicar sobre los datos.
  - a) *Promedios Móviles*: Simplifica puntos en base al promedio entre cada 3, 4, 5, 6 y 7 puntos. El número de puntos (pivotes) se indica haciendo click en las flechas de  para incrementar o decrementar el número que representa el pivote deseado.
  - b) *Spline Cúbico*

c) *Función de Ajuste*: Debe seleccionarse de  $y=a+bx+cx\ln x+dx\sqrt{x}+ex/\ln x$  la función que se desea aplicar a los datos, que puede ser una de las siguientes:

$$y = a + bx + cx\ln x + dx\sqrt{x} + \frac{ex}{\ln x}$$

$$y = a + bx + cx\ln x + dx^2\ln x + \frac{ex}{\ln x}$$

$$y = a + bx + cx\ln x + d\ln x^2 + \frac{ex}{\ln x}$$

## 2. Presionar el botón "Aplicar".

Podrán visualizarse hasta tres suavizamientos a la vez, con el fin de aceptar el que mejor suavice los datos; esto es permitido si la casilla (  ) de "Mostrar solo un suavizamiento" se encuentra desactivada, en caso de estar activada esta casilla, la gráfica presentará sólo el suavizamiento aplicado.

## 3. Presionar el botón "Ok" para aceptar el suavizamiento aplicado.

Si existe más de un suavizamiento aplicado, se aceptará aquel que se encuentre seleccionado de la lista presentada en la parte inferior de la gráfica.

La tabla mostrada en el diálogo presenta en las dos primeras columnas el tiempo y presión generada por el pozo modelo y en las columnas 3 y 4 se muestran respectivamente los valores de los tiempos y presiones generados por la aplicación del suavizamiento.

El botón de "Limpiar" es utilizado para limpiar el o los suavizamientos aplicados sobre los datos, presentando la gráfica únicamente con la información generada por el Pozo Modelo.

El botón de "Reporte" (de la tabla) manda a impresión la información contenida en la tabla.

El botón de "Reporte" (del ajuste) presenta un diálogo que muestra la gráfica con la finalidad de darle formato para mandarla a impresión.

El botón "Cancelar" debe presionarse si los cambios realizados a la información con la que se presentó el diálogo se quieren descartar.

### Etapa III. Identificación de los Mecanismos de Empuje Asociados al Historial de Producción.

El objetivo de éste procedimiento es identificar los mecanismos de empuje asociados a los datos de la historia de producción por medio del trazado interactivo de rectas, en donde cada una de ellas representará la detección de un mecanismo. Una vez detectados los mecanismos de empuje, se cuenta con la información necesaria para poder efectuar la aplicación del ajuste del historial de producción capturado para posteriormente realizar una predicción del mismo. La figura B.11 muestra el diálogo correspondiente.

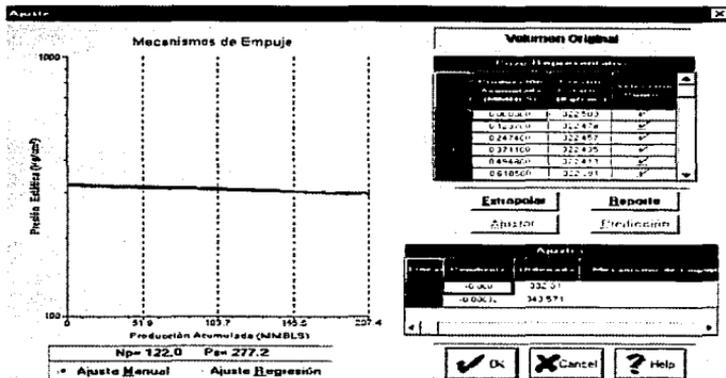


Figura B.11 Diálogo de Mecanismos de Empuje

El funcionamiento de este diálogo es como se describe a continuación:

1. Seleccionar el método de trazado de línea.
  - a) *Ajuste Manual*: Permite trazar una línea recta en cualquier dirección y de cualquier tamaño sobre la gráfica, haciendo uso del botón izquierdo del ratón.

b) *Ajuste Regresión*: Permite seleccionar con el botón izquierdo del ratón , una área rectangular sobre los datos presentados. Los puntos seleccionados sobre la gráfica son evaluados a través del algoritmo de regresión lineal. Al soltar el botón izquierdo del ratón se traza la línea recta resultante.

2. Repetir los dos pasos anteriores hasta completar el trazado de todas las líneas (máximo tres líneas).
3. Presionar el botón "Extrapolar".
4. Presionar el botón "Ajustar".
5. Presionar el botón "Predicción".

#### ***Acciones de los componentes y uso del ratón.***

##### **Presión del botón derecho del ratón sobre el diálogo.**

Se presentará un menú con las siguientes opciones:

- *Nuevo Estudio*: Prepara la gráfica para trazar nuevas líneas, conservando el estudio realizado. Se permite realizar tres diferentes estudios, dejando a criterio del usuario aceptar el que muestre tendencias más claras que representen el mejor ajuste de la información.
- *Borrar Estudio*: Elimina el estudio que se muestra en la pantalla.
- *Estudio Anterior*: Presenta el estudio realizado anterior al actual. Podrá ser seleccionada esta opción si existe más de un estudio realizado.
- *Siguiente Estudio*: Presenta el siguiente estudio realizado. Esta opción puede seleccionarse si existe más de un estudio realizado.
- *Amplificar Gráfica*: Amplifica una área de la gráfica seleccionada por medio del ratón.
- *Gráfica Completa*: Presenta la gráfica en su totalidad. Esta opción sólo estará habilitada si la gráfica ha sido amplificada.

### Tabla del Pozo Representativo.

Esta tabla está formada de tres columnas, en las dos primeras se presentan los valores de la producción acumulada ( $N_p$ ) y la presión ( $P_s$ ) generados por el pozo modelo. Estos datos están representados en la gráfica por los puntos de color azul. La tercer columna se refiere a los puntos que estarán habilitados en la aplicación del trazado por Regresión es decir, dentro de los puntos que sean seleccionados para aplicar la Regresión sólo serán considerados aquellos que tengan activada su celda correspondiente en esta tabla.

### Tabla del Ajustes.

Presenta los valores listados a continuación en el orden siguiente: Pendiente, Ordenada, Mecanismo de empuje asociado, Productividades (Prot, Pro y Prg) e Indices de productividad ( $I_{e_1}$ ,  $I_{e_2}$  e  $I_{e_t}$ ) de cada una de las líneas trazadas. Solo los valores de las pendientes y las ordenadas serán colocados al momento de trazar cada línea, los demás valores serán colocados al momento de presionar el botón de "Extrapolar".

La información por línea esta colocada en la tabla de acuerdo al orden de aparición sobre la gráfica (izquierda a derecha).

Presionando el botón derecho del ratón sobre esta tabla se presentará un menú con las siguientes opciones:

- **Eliminar línea #:** Elimina los datos y la línea correspondiente al número de la línea indicada.
- **Eliminar Todo:** Elimina todos los datos contenidos en la tabla así como, las líneas trazadas sobre la gráfica.
- **Deshacer:** Deshace el último cambio realizado en esta tabla.
- **Imprimir:** Envía a impresión la información contenida en esta tabla.

La pendiente y la ordenada de alguna recta pueden ser modificadas como se indica a continuación:

1. Hacer click sobre la celda que se desea modificar (columna de pendiente u ordenada en el renglón correspondiente a la línea que se quiere modificar).

2. Asignar el nuevo valor de la pendiente u ordenada, según corresponda y.
3. Presionar la tecla <ENTER> para aceptar el valor modificado o presionar la tecla <ESC> para cancelar el cambio. De forma inmediata se reflejara sobre la gráfica el cambio realizado

#### Botón "Extrapolar"

Al presionar este boton se verifica que la historia de producción quede completamente cubierta por los mecanismos de empuje. Además determina los parametros de productividad ejercidos por los mecanismos de empuje a los diferentes tiempos de explotación y obtiene los indices de empuje (evaluación de las relaciones de mecanismos de empuje parciales al total de los actuantes en el yacimiento), colocando estos valores en la tabla de Ajustes.

#### Botón "Ajustar"

Presenta el dialogo de "AJUSTE DEL HISTORIAL DE PRODUCCION".

#### Botón "Predicción"

Presenta el diálogo de "PREDICCIÓN".

#### Botón "Reporte"

Presenta un diálogo que permite establecer formato a la gráfica de identificación de mecanismos de empuje con la finalidad de mandarla a impresión.

#### Botón "Ok"

Acepta el estudio mostrado en la pantalla (mecanismos de empujes identificados) y cierra el dialogo

#### Botón "Ayuda"

Presenta información sobre el manejo del dialogo.

#### Etapa IV. Ajuste del Historial de Producción.

Proceso que determina bajo las condiciones variantes de los mecanismos de empuje la aplicación de cada uno de ellos en el rango de presión respecto al tiempo dentro del cual está situado cada punto observado, estimando las presiones a los diferentes tiempos de explotación. Los resultados son presentados en el diálogo de "AJUSTE DEL HISTORIAL DE PRODUCCIÓN" (figura B.12.).

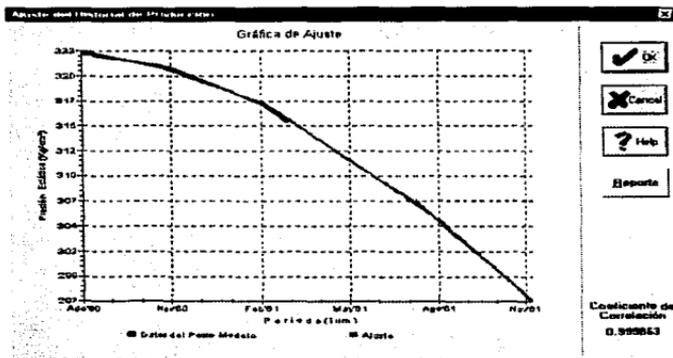


Figura B.12 Diálogo de Mecanismos de Empuje

La gráfica en la figura B.12 muestra los datos generados por el pozo modelo, así como los datos ajustados.

El valor presentado en la esquina inferior derecha del diálogo muestra el valor del coeficiente de correlación obtenido para ese ajuste, lo cual representa una estimación de lo bien que han sido ajustados los datos. Un buen ajuste reflejaría un valor de 1.0.

El botón "Reporte" despliega un diálogo que permite establecer formato a la gráfica de Ajuste con la finalidad de mandarla a impresión.

El botón "Ok" almacena los datos generados por el ajuste y cierra el diálogo.

El botón "Cancel" cierra el diálogo sin almacenar el ajuste realizado.

El botón "Ayuda" presenta información sobre el manejo del diálogo.

#### Etapa V. Predicción de la producción.

Estima a condiciones futuras el comportamiento de la producción de un yacimiento (magnitud de las presiones y producciones acumuladas del yacimiento a los diferentes tiempos de predicción). Los resultados son presentados en el diálogo de "PREDICION" (Figura B.13).

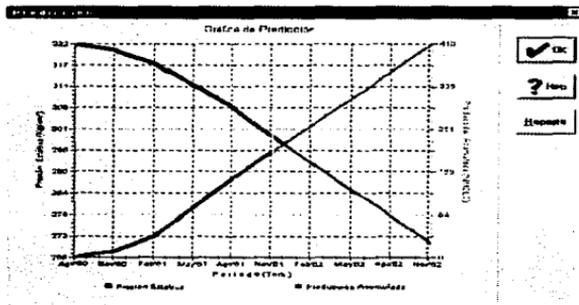


Figura B.13 Diálogo de Predicción

La gráfica presenta las curvas de: Tiempo vs Presión (curva verde) y Tiempo vs Producción Acumulada (curva roja). La línea vertical representa el límite de la historia de producción (colocada en el último tiempo del historial -como margen derecho-), quedando divididos los datos históricos (datos colocados a la izquierda de la línea) contra los datos de predicción (puntos colocados a la derecha de la línea).

**Botón "Reporte"**

Despliega un diálogo que permite establecer formato a la gráfica de Predicción con la finalidad de mandarla a impresión.

**Botón "Ok"**

Cierra el diálogo.

**Botón "Ayuda"**

Presenta información sobre el manejo del diálogo.

Lo descrito anteriormente presenta la aplicación general del sistema, lo que será de gran ayuda al usuario.

## NOMENCLATURA

b	Ordenada al origen.
B <sub>1</sub>	Ordenada al origen de la primera tendencia lineal observada.
BASE	Nivel inferior del yacimiento (mts.).
BLS	Bariles.
BPD	Barriles por día.
Ce	Compresibilidad del sistema roca-fluido (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> .
CIMA	Nivel superior del yacimiento (mts.).
Cf	Compresibilidad de la formación (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> .
Co	Compresibilidad del aceite (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> .
Cw	Compresibilidad del agua (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> .
Exp=e	Exponencial.
m	Pendiente de la recta.
MBPD	Miles de barriles por día.
MMBLS	Miliones de barriles.
N	Volumen original de hidrocarburos (m <sup>3</sup> ).
Np	Producción acumulada a un tiempo t (MMBLS).
Np <sub>i</sub>	Producción acumulada inicial (MMBLS).
Qt	Gasto de hidrocarburos (MBPD o BPD).
P	Presión del yacimiento a cualquier tiempo (Kg/cm <sup>2</sup> ).
P <sub>i</sub>	Presión inicial del yacimiento (Kg/cm <sup>2</sup> ).
Ps	Presión estática del yacimiento (Kg/cm <sup>2</sup> ).
So	Saturación de aceite (Adim.).
Sw	Saturación de agua (Adim.).
t	Tiempo.
°C	Grados centígrados.
mts.	Metros.
Kg.	Kilogramos.
ΔKgcm <sup>2</sup>	Caída de presión.

## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS

"Análisis Estructurado Moderno".

Edward Yourdon.

Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

1a. Edición. (México 1993).

"Análisis y Diseño de Sistemas de Información".

SENN James A.

Ed. McGraw Hill.

2a. Edición. (México 1992).

"Ingeniería de Software".

Roger S. Pressman.

Ed. Mc Graw Hill.

3a. Edición (México 1995).

"Análisis y Diseño de Sistemas".

Kendall y Kendall.

Ed. Prentice Hall.

"Metodologías de Desarrollo". Producción Automática de Software con Herramientas CASE

Antonio Lopez Fuensalica.

Ed. Macrobit Ra-Ma.

1a. Edición (México 1990).

"Ingeniería de Software Explicada".

Mark Norris. Peter Rigby.

Ed. Megabyte Norega Editores.

1a. Edición (México 1994).

### MANUALES

"Windows Charting Tools Version 1.0"

Ed. Quin Curtis, Inc.

"Spread/VBX ++ 2.0 Reference Guide"

Ed. Far Point Technologies, Inc.

"TabPro Reference Guide"

Ed. Far Point Technologies.

**"TabPro User's Guide"**  
Ed. Far Point Technologies.

**"Q+E Database Library Programmer's Guide".**  
Ed. Q+E Software Inc. E.U.A.1993.

## **ARTÍCULOS**

**"Análisis y Diseño de Sistemas".**  
Entrevista a Edward Yourdon.  
Soluciones Avanzadas. Julio 1994. (Pag. 29-30)

**"Ingeniería de Software".**  
Soluciones Avanzadas. Julio 1994. (Pags. 5-13)

**"Evaluación de Formaciones en México Septiembre 1984"**  
Marmissolle-Daguerve. Schlumberger. Wec México 1984

**"Predicción del Comportamiento Primario Abajo de la Presión de Saturación de Yacimientos Inicialmente Bajosaturados con Entrada de Agua."**  
Instituto Mexicano del Petróleo. Proyecto 2185. COPRI-4 (1002-07)  
Publicación No. 72 BH/104. Subdirección de Explotación. (1972)

## **TÉSIS**

**"Evaluación Práctica de los Mecanismos Naturales de Empuje en Yacimientos Petroleros"**  
Fermín Santillán Velázquez. México D.F. 1994.  
UNAM Facultad de Ingeniería.

**"Determinación de la Presión de Fondo Fluyendo en la Simulación de Yacimientos"**  
Noyola Olivera Alejandro. México D.F. 1993.  
UNAM Facultad de Ingeniería.

**"Apuntes de Principios de Mecánica de Yacimientos"**  
Rafael Rodríguez Nieto. División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra Departamento de Explotación del Petróleo.  
UNAM Facultad de Ingeniería